

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**MECANISMOS SULCADORES DE SEMEADORA-ADUBADORA NA
CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.) NO SISTEMA DE PLANTIO
DIRETO**

PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Programa Energia na Agricultura.

BOTUCATU-SP

Julho - 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**MECANISMOS SULCADORES DE SEMEADORA-ADUBADORA NA
CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.) NO SISTEMA DE PLANTIO
DIRETO**

PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Programa Energia na Agricultura.

BOTUCATU-SP

Julho - 2003

Para

José Airton e Ivone, meus pais

Alessandra, minha esposa

Dedico

Para

José, Marcos e Carlos; meus irmãos

Ofereço

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar a vida e sabedoria para enfrentar os desafios.

À Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Campus de Botucatu, minha eterna casa, e a coordenação do curso de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, pela oportunidade de realizar o curso.

Ao Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez, pela orientação, amizade, respeito, profissionalismo e dedicação.

Ao Prof. Dr. Carlos Antonio Gamero pela amizade e pela grande contribuição em minha formação acadêmica.

Ao Prof. Dr. Ângelo Catâneo e ao Prof. Dr. Sílvio José Bicudo pela ajuda fraterna neste trabalho.

A CAPES pela ajuda financeira durante o curso, de grande valia para conclusão deste trabalho.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação, em especial a Antonio Renan Berchol Silva, Carlos César Breda, Denise Mahl, Élcio Yano, Reginaldo Barbosa e Rogério Germino, pela convivência e amizade.

A todos os funcionários das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Produção, em especial à Aparecido Bessa, Acássio Tavares, Luciano Alves, Manuel Lopes dos Santos, Marcos José Gonçalves, Mário de Oliveira Munhoz, Milton Prudente e Sílvia Conte Stein.

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia Rural, especialmente a Gilberto Winckler, Maury Torres da Silva, Pedro Alves, Rosângela C. Moreci e Sílvio Scolastici.

À minha família que esteve sempre presente, em especial aos saudosos avós que partiram, Zico e Maria, por acreditarem sempre na minha capacidade.

A todos aqueles que contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	XI
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4.1 Cultura do milho.....	7
4.2 Sistema de plantio direto.....	9
4.3 Semeadoras-adubadoras para plantio direto.....	10
4.4 Resistência do solo à penetração.....	12
4.5 Mecanismos para abertura de sulco.....	13
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
5.1 Material.....	18
5.1.1 Área experimental.....	18
5.1.2 Dados climatológicos.....	19
5.1.3 Equipamentos agrícolas.....	20
5.1.4 Insumos.....	20
5.1.4.1 Sementes.....	20
5.1.4.2 Fertilizantes.....	21
5.1.4.3 Defensivos agrícolas.....	21
5.1.5 Determinação da resistência mecânica do solo à penetração.....	21
5.1.6 Determinação da matéria seca da cobertura vegetal.....	22
5.1.7 Determinação da densidade de solo.....	22
5.1.8 Determinação do teor de água no solo.....	22
5.1.9 Sistema de aquisição de dados.....	22
5.1.10 Determinação da profundidade de deposição de sementes.....	22
5.1.11 Determinação da área de solo mobilizado.....	23
5.1.12 Determinação da porcentagem de cobertura do solo.....	24

5.1.13	Determinação do consumo horário de combustível.....	24
5.1.14	Determinação da força de tração.....	24
5.1.15	Determinação do diâmetro de colmo, altura de inserção da primeira espiga e altura de plantas de milho.....	25
5.1.16	Determinação da produtividade de grãos.....	25
5.2	Métodos.....	26
5.2.1	Delineamento experimental.....	26
5.2.2	Descrição dos tratamentos.....	26
5.2.3	Instalação e condução do experimento.....	27
5.2.4	Cronograma de condução do experimento.....	27
5.2.5	Resistência mecânica do solo à penetração.....	28
5.2.6	Teor de água no solo.....	29
5.2.7	Teor de matéria seca da cobertura vegetal.....	29
5.2.8	Densidade do solo.....	29
5.2.9	Sistema de aquisição de dados.....	29
5.2.10	Determinação da velocidade de deslocamento.....	30
5.2.11	Profundidade de deposição de sementes.....	30
5.2.12	Área de solo mobilizado.....	30
5.2.13	Porcentagem de manutenção da cobertura do solo.....	31
5.2.14	Consumo horário de combustível.....	31
5.2.15	Força de tração.....	31
5.2.16	Força de tração requerida por linha de semeadura.....	31
5.2.17	Capacidade de campo efetiva.....	32
5.2.18	Diâmetro de colmo, altura de inserção da primeira espiga e altura de plantas.....	32
5.2.19	Produtividade de grãos.....	33
5.2.20	Análise estatística de dados.....	33
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
6.1	Teor de água no solo.....	35
6.2	Matéria seca da cobertura vegetal.....	36

6.3 Resistência mecânica do solo à penetração após colheita da cultura do milho.....	37
6.4 Velocidade de deslocamento.....	40
6.5 Área de solo mobilizado.....	42
6.6 Profundidade de deposição de sementes.....	43
6.7 Percentagem de manutenção de cobertura vegetal no solo.....	45
6.8 Capacidade de campo efetiva.....	46
6.9 Requerimento de força de tração: média, máxima e por linha de semeadura.....	48
6.10 Requerimento de potência na barra: média, máxima e por linha de semeadura...	52
6.11 Consumo horário de combustível.....	55
6.12 Diâmetro do colmo, altura de inserção da primeira espiga e altura das plantas...	57
6.13 Produtividade de grãos.....	59
6.14 Considerações finais.....	60
7 CONCLUSÕES.....	61
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
APÊNDICE.....	71

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Análise química do solo na camada de 0 a 30 cm.....	19
2 Análise granulométrica do solo na camada de 0 a 25 cm.....	19
3 Cronograma de atividades desenvolvidas em campo e laboratório.....	28
4 Teor de água no solo no momento da semeadura do milho	35
5 Teor de água no solo no momento da determinação da resistência à penetração	35
6 Quantidade de matéria seca de restos vegetais da aveia preta e plantas daninhas (kg/ha).....	36
7 Valores médios de resistência à penetração na camada de 0-10 cm (kPa).....	38
8 Valores médios de resistência à penetração na camada de 10-20 cm (kPa).....	38
9 Valores médios de resistência à penetração na camada de 20-30 cm (kPa).....	39
10 Valores médios de resistência à penetração na camada de 30-40 cm (kPa).....	39
11 Valores médios de resistência à penetração na camada abaixo de 40 cm (kPa).....	40
12 Valores de velocidade de deslocamento da semeadora-adubadora na semeadura da cultura do milho (km/h).....	41
13 Valores de área mobilizada de solo após a semeadura da cultura do milho (cm ²).....	42
14 Valores de profundidade de deposição de sementes de milho (cm).....	44
15 Valores de porcentagem de manutenção de cobertura vegetal no solo (%).....	45
16 Valores de capacidade de campo efetiva (ha.h ⁻¹).....	46
17 Valores de força média na barra de tração obtidos durante a semeadura (N).....	48
18 Valores de força máxima (pico de força) na barra de tração obtidos durante a semeadura (N).....	49
19 Valores de força na barra de tração por linha de semeadura (N).....	50
20 Valores de potência média na barra de tração do trator (kW).....	53
21 Valores de potência na barra de tração por linha de semeadura (kW/linha).....	54
22 Valores médios de consumo horário de combustível (L.h ⁻¹).....	55
23 Valores de diâmetro de colmo das espigas de milho (cm).....	57
24 Valores de altura média das plantas de milho (m).....	58

25	Valores de altura de inserção da primeira espiga de milho (m).....	58
26	Valores de produtividade média da cultura do milho (kg.ha ⁻¹).....	59

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Medição da profundidade de deposição de sementes.....	23
2 Perfilômetro utilizado para avaliar a área de solo mobilizado.....	23
3 Fluxômetro instalado no trator para medição do consumo de combustível.....	24
4 Célula de carga instalada no trator para medição da força de tração.....	25
5 Distribuição dos blocos e dos tratamentos na área experimental.....	27
6 Variação da velocidade de deslocamento (km.h ⁻¹).....	41
7 Variação da capacidade de campo efetiva na operação de semeadura.....	47
8 Força média na barra exigida na operação de semeadura.....	49
9 Força máxima exigida pelo conjunto trator – semeadora.....	50
10 Força média exigida pelo trator por linha de semeadura.....	51
11 Variação de potência exigida pelo trator na semeadura.....	53
12 Potencia exigida pelo trator por linha de semeadura.....	54
13 Variação do consumo horário de combustível.....	56

1 RESUMO

O sistema de plantio direto está consolidado como um sistema conservacionista do solo adaptado a diversas regiões, abrangendo diferentes níveis de tecnologia, sendo amplamente estudado. A semeadura direta é caracterizada pela mínima mobilização do solo durante a operação, valendo-se do uso de máquinas específicas. Com isso, as semeadoras-adubadoras passaram a ter importância fundamental nos sistemas de produção.

Diante da importância das semeadoras – adubadoras foi desenvolvido o presente trabalho com o objetivo de avaliar o comportamento de dois mecanismos de abertura de sulco; um do tipo haste sulcadora (facão), e outro do tipo disco duplo; em semeadora-adubadora própria para semeadura direta da cultura do milho (*Zea mays L.*).

As hastes foram avaliadas operando em três profundidades de trabalho: 0,10m; 0,20m e 0,30m; e em dois espaçamentos entre fileiras da cultura do milho, 0,90m e 0,45m. O mecanismo de abertura de sulco tipo disco duplo foi avaliado nos dois espaçamentos citados.

O experimento foi conduzido a campo, no ano agrícola de 2001-2002, na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agrônômicas – Unesp- Campus de Botucatu - SP, em solo classificado como Nitossolo Vermelho distroférico.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial, com 4 repetições, sendo avaliados os seguintes parâmetros: capacidade efetiva do conjunto trator – semeadora, força de tração na barra, resistência do solo à penetração, consumo de combustível, velocidade de deslocamento, potência na barra, profundidade de deposição de sementes, área de solo mobilizado, porcentagem de cobertura do solo e produtividade da cultura do milho.

Os resultados mostraram que houve diferença significativa entre os mecanismos sulcadores estudados para os parâmetros: força de tração na barra, potência requerida na barra de tração, área de solo mobilizada, consumo horário de combustível e capacidade de campo efetiva; sendo que houve menor demanda energética quando usado o mecanismo sulcador tipo disco duplo.

Não houve diferença significativa entre os mecanismos sulcadores tipo haste e disco duplo em relação à produtividade de grãos.

Quando utilizado o mecanismo sulcador tipo disco duplo, deve-se optar pelo espaçamento entre fileiras de 0,45m, já quando utilizado o mecanismo sulcador tipo haste, o espaçamento entre fileiras recomendado é o de 0,90m. Caso não haja presença de camadas compactadas no perfil do solo e tenha-se a opção de ambos os mecanismos sulcadores, deve-se optar pelo mecanismo sulcador tipo disco duplo.

ENERGETIC CONSUME FOR FURROW OPENERS...Botucatu, 2003.

90p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

Adviser: SÉRGIO HUGO BENEZ

2 SUMMARY

The system of no tillage is consolidated as a conservationist system of the soil adapted to several areas, embracing different technology levels. The direct seeder is characterized by the low mobilization of the soil during the operation, besides the use of specific machines. In view of this, the seeders begin to have fundamental importance in the production systems.

With the importance of the seeders, the present work was developed to assess the behavior of two mechanisms of furrow opening; namely the stem furrow (large knife), and double disk; for seeder used in no tillage corn crop production (*Zea mays L.*).

The stems were appraised operating in three work depths: 0,10m; 0,20m and 0,30m respectively; and in two spacing arrangements for the corn crop, and 0,90m and 0,45m. The mechanism of furrow opening and the type double disk were evaluated too, in the two mentioned spacing arrangements.

The field experiment was conducted during the agricultural year of 2001-2002, in Experimental Farm Lageado of University of Agronomic Sciences - Unesp - Campus of Botucatu - SP, in soil classified as Red Ultissol.

The experimental delineation utilized was randomized blocks design in a factorial pattern (3x2), with 4 repetitions, and the following parameters were studied: the field capacity tractor combine, drawbar force, soil resistance to penetration, fuel consumption, displacement speed, the bar power, depth of seed deposition, mobilized soil area, covering percentage of the soil and the yield of the corn crop.

The results showed that there was significant difference between the furrow mechanisms studied for the parameters: drawbar force, the bar power, the mobilized soil area, fuel consumption and field capacity tractor combine.

There was no significant difference between the stem and double disk furrow mechanism in relation to the grain yield. There was energetic demand minor in the use of the double disk mechanism.

When used the mechanism furrow type double disk, it should be opted for the spacing arrangement the 0,45m, already when used the mechanism furrow type stem, the spacing arrangement recommended is of the 0,90m. In case there is not presence of layers soil compacted and the option of both mechanisms furrow be had, it should be opted for the double disk mechanism furrow.

3 INTRODUÇÃO

Com o objetivo de diminuir os custos operacionais e reduzir a mobilização do solo feita pelo preparo contínuo, muitos agricultores estão substituindo o preparo convencional pelo sistema de plantio direto. O referido sistema está fundamentado na mínima mobilização do solo, no uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas, formação de cobertura vegetal no solo, rotação de culturas e uso de semeadoras específicas.

Para o sistema de semeadura direta as semeadoras-adubadoras devem possuir, geralmente, conjuntos de órgãos ativos que realizam operações de corte da palha, abertura de sulcos, distribuição de fertilizantes e sementes, cobrimento e compactação das sementes.

As semeadoras-adubadoras existentes no mercado para plantio direto, têm apresentado problemas de desempenho, principalmente em solos com alto teor de argila. A alta resistência mecânica do solo à penetração dos componentes rompedores, tem exigido constantes adaptações das máquinas às condições locais de trabalho.

A mínima mobilização de solo, no sistema de plantio direto, aliada ao tráfego de máquinas, pode ocasionar a formação de compactação nas camadas mais

superficiais do solo, que interferem na permeabilidade, no desenvolvimento radicular das plantas e, conseqüentemente, na produtividade das culturas.

Com isso, tem grande importância o mecanismo de abertura de sulcos de uma semeadora-adubadora, sendo que em determinados casos, torna-se necessária a utilização de haste sulcadora, principalmente em solos argilosos, para romper esta camada compactada.

Outra prática adotada para melhorar a produtividade da cultura do milho, tem sido a redução do espaçamento entre fileiras. Segundo Argenta et al. (2000), a redução do espaçamento entre fileiras, pode promover alterações nas características das plantas, uma vez que na mesma densidade (plantas.ha^{-1}), porém distribuídas equidistantemente, estas recebem maior incidência de luz, podendo refletir em maior produtividade.

Diante de tais circunstâncias foi desenvolvido o presente trabalho para avaliar o desempenho de mecanismos de abertura de sulco (haste e disco duplo) de uma semeadora-adubadora em três profundidades de trabalho (0,10; 0,20 e 0,30m), no caso da haste, e dois espaçamentos entre fileiras (0,45 e 0,90m); na implantação da cultura do milho.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Cultura do milho

Dados apresentados pelo Agriannual (2002) mostram que o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, sendo precedido apenas pelos Estados Unidos e China.

Conforme Melo Filho & Richetti (1997), dentre as culturas produzidas no país, a cultura do milho pode ser considerada a mais importante, tanto no aspecto econômico, como no social, por ser componente básico da dieta brasileira, principalmente nas camadas mais baixas da sociedade, e também por ser um produto típico de produção de pequenas propriedades, sendo que 92% da produção tem como responsáveis as propriedades com menos de 100 hectares.

Para Pinazza (1993) a cultura do milho tem em média baixa produtividade, no Brasil, devido a mesma ser de subsistência, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, onde são plantadas por volta de 30 % da área cultivada, empregando-se baixa tecnologia. De acordo com EMBRAPA (1993), um dos grandes motivos da baixa

produtividade das lavouras de milho brasileira, está associado ao baixo índice de plantas por unidade de área.

Para Lazarotto et al. (1997) as épocas de semeadura do milho, referem-se ao período em que a cultura tem maior probabilidade de encontrar condições favoráveis ao seu desenvolvimento. Com isso, embora as plantas respondam à interação de todos os fatores climáticos, a precipitação pluviométrica, a temperatura e a radiação solar são os que têm maior influência no desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, na sua produtividade final. Portanto, as épocas de semeadura variam de acordo com as regiões do país.

Segundo Molin (2000) a expressão potencial produtivo na cultura do milho depende da carga genética e de fatores ambientais, principalmente luz, água, temperatura e nutrição. Quanto ao aproveitamento de luz, pode-se aumentar a interceptação de luz através da redução do espaçamento entre as linhas de semeadura do milho. Segundo o mesmo autor, o incremento da produção de grãos através da redução de espaçamento, além da conversão da radiação solar, depende da arquitetura das plantas, sendo esperado melhores resultados em plantas de menor estatura e com folhas mais eretas.

De acordo com Mudstock (1978), a redução do espaçamento entre fileiras e o conseqüente aumento da distância entre plantas na linha de semeadura, mantendo um mesmo número de plantas por área, resulta em menor competição intraespecífica por luz, aproximando-se do espaçamento equidistante, que teoricamente produz os melhores rendimentos.

Argenta et al. (2000) avaliaram o efeito da redução de espaçamento entre fileiras e da densidade de plantas sobre a produtividade de híbridos simples de milho. Concluíram que a resposta do rendimento de grãos à redução de espaçamento entre fileiras foi influenciada pelo material e pela densidade de plantas, tendo o maior aumento ocorrido em híbridos de menor estatura e na densidade de 50.000 plantas.ha⁻¹.

Segundo Sangoi et al. (2001), a redução do espaçamento entre fileiras do milho de 1,0m para 0,50m aumentou linearmente o rendimento de grãos. Os aumentos no rendimento obtidos pela utilização de menor espaçamento entre fileiras foram maiores com a semeadura antecipada (primeiro dia de outubro). O tipo de arquitetura da planta e o ciclo do híbrido utilizado não interferiram na resposta do milho à redução do espaçamento entre fileiras.

Fancelli (2002) afirma que devido a grande quantidade de resíduos produzidos, há uma relação de dependência entre o sistema de plantio direto e a cultura do milho.

4.2 Sistema de plantio direto

O sistema de plantio direto na palha exige a utilização de máquinas e equipamentos cada vez mais precisos e eficientes, próprios desse tipo de manejo do solo.

Segundo Saturnino (2001) o sistema de plantio direto na palha, implica em uma seqüência de rotação de culturas, para reciclagem de nutrientes e formação de palha, sem revolvimento do solo, com o mínimo possível de interferências no solo e na palhada de cobertura, protegendo-o ao longo do ano.

Dallmeyer (2001) mencionou que o sistema foi denominado de “plantio direto” pela Federação de Associações de Plantio Direto na Palha, por ser a nomenclatura popular, embora a operação executada, seja uma semeadura.

Para Hernani & Salton (1997) o sistema de plantio direto baseia-se em sistemas de rotação de culturas e caracteriza-se pelo cultivo em solo coberto por palha e em ausência de preparo de solo, por tempo indeterminado. As semeadoras são específicas para o corte da palha, abertura de pequenos sulcos e deposição de sementes e fertilizantes, e ainda que as plantas invasoras são controladas quimicamente, de maneira a permitir a manutenção da cobertura morta sobre o solo, em quantidade e qualidade adequadas.

Os sistemas de manejo do solo foram estudados por Benez (1972) que evidenciou a importância de se reduzir operações de preparo, sendo mais acentuados os problemas de compactação do solo em solos com o maior número de passadas do trator.

Trabalhando com cultivares de milho em diferentes sistemas de preparo de solo, Silva (2000a) observou que eles se comportaram de maneira distinta em termos de produtividade, porém os sistemas de preparo de solo não tiveram influência na produtividade. O autor cita também que as maiores variações ocorreram dentro do híbrido simples.

Araújo et al. (2001) afirmaram que no sistema de plantio direto é comum a ocorrência de uma camada superficial compactada e que pode, dependendo do nível de compactação, prejudicar o desenvolvimento das plantas.

A adaptação de haste (facão) nas semeadoras-adubadoras tem permitido realizar o rompimento das camadas do solo juntamente com a operação de semeadura, todavia com sensível aumento da força de tração necessária (Benez, 2002).

Tessier et al. (1989) descrevem que a haste sulcadora (facão) mobiliza intensamente o solo, podendo não ser compatível com o sistema de plantio direto em virtude do aumento de infestação de plantas daninhas e da alta porcentagem de área mobilizada do solo.

Segundo Silva & Resck (1997), o plantio direto surge para as condições tropicais e subtropicais como tecnologia avançada de uso do solo, porém este sistema requer maior nível de conhecimentos técnicos sobre planejamento de uso da terra, controle de plantas daninhas e prévio condicionamento físico e químico do solo.

4.3 Semeadoras-adubadoras para plantio direto

Para Portella et al. (1997), deve-se buscar sempre uma adequação das semeaduras a realidade de cada produtor.

Segundo a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994) as semeadoras–adubadoras são classificadas em semeadoras de precisão e semeadoras de fluxo contínuo; sendo que semeadoras de precisão são equipamentos que distribuem as sementes no sulco de semeadura, uma a uma ou agrupadas em linha e intervalo regulares. Semeadora de fluxo contínuo são equipamentos que distribuem as sementes miúdas de forma contínua.

Casão Júnior et al. (1997) verificaram o desempenho de semeadoras-adubadoras de plantio direto em solos com altos teores de argila, e concluíram que o aumento de resistência à penetração dos componentes rompedores nestes solos, em associação com uma grande retenção de umidade, tem exigido uma constante adaptação das máquinas, afetando a uniformidade de emergência de plantas.

Segundo Araújo et al. (2001), um dos maiores entraves para que haja a expansão do sistema de plantio direto, está relacionado ao uso de máquinas em solos argilosos. Nestes solos pode ocorrer grande retenção de água, provocando aderência de solo aos componentes da semeadora-adubadora, corte irregular da palha, embuchamentos, abertura imprópria dos sulcos de semeadura e fertilizantes, alta resistência à penetração dos componentes rompedores, compactação deficiente das sementes, provocando desuniformidade de emergência de plântulas.

Para Derpsch et al. (1991) as semeadoras-adubadoras de plantio direto devem ter: capacidade para cortar restos vegetais e romper o solo sem preparo; elementos de corte, adubação e semeadura que evitem embuchamentos por restos culturais; possibilidade de regulagem de profundidade, densidade de semeadura e espaçamentos entre fileiras; rodas compactadoras para fechar os sulcos e compactar o solo ao redor das sementes, protegendo-as de ressecamento e ataque de pássaros e roedores.

Segundo Dallmeyer (2001), as máquinas para semeadura direta passaram por grandes modificações e as indústrias fabricantes, têm realizado altos investimentos em desenvolvimento tecnológico.

Casão Junior et al. (2000) avaliaram o desempenho de uma semeadora-adubadora em plantio direto no basalto paranaense, e concluíram que a haste sulcadora trabalhou na profundidade apropriada (em torno de 10 cm) e apresentou pouca variação entre as linhas, sendo constatado maiores variações na profundidade do sulco com o aumento da velocidade de trabalho para 8 km.h^{-1} . Os mesmos autores concluíram que o uso da haste sulcadora na semeadora-adubadora avaliada, é importante para manutenção da profundidade desejada em plantio direto no basalto.

Avaliando o desempenho de diferentes tipos de semeadoras-adubadoras, Sato (2002) concluiu que a semeadora-adubadora de tração animal foi a que apresentou os menores valores de produtividade, e que as semeadoras-adubadoras equipadas com facão apresentaram bom desempenho para distribuição de sementes na cultura do milho.

Furlani et al. (2002) avaliaram o desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de fluxo contínuo em diferentes condições de preparo e cobertura de solo, e concluíram que o grau de consolidação da camada superficial do solo influenciou a

força de tração exigida. Segundo os mesmos autores os tratamentos com camada superficial não mobilizada (semeadura direta) tiveram menor exigência de força de tração.

De acordo com Silva (2000b) as velocidades de operação da semeadora-adubadora de até 6 km.h⁻¹ e a adubação realizada a 10 cm de profundidade, propiciam maior estande de plantas, quantidade de espigas e produtividade da cultura do milho, em comparação com as velocidades de 9 e 11,2 km.h⁻¹ e com adubação superficial.

4.4 Resistência do solo à penetração

A compactação do solo determina as proporções entre ar, água e temperatura, e estas influenciam a germinação, emergência, crescimento radicular e praticamente, todas as fases de seu desenvolvimento (Santos, 1998). Esta compactação do solo pode ser caracterizada por meio da resistência à penetração, que é um atributo diretamente relacionado ao crescimento das plantas (Letey, 1985).

Segundo Goedert et al. (2002) os principais efeitos negativos da compactação do solo são: aumento da resistência mecânica ao crescimento radicular, redução da aeração, disponibilidade de água e nutrientes e, conseqüentemente, decréscimo na produtividade agrícola.

Rosolem et al. (1999) verificaram que próximo a densidade máxima do solo máxima, a resistência à penetração é superior nos solos mais argilosos comparado aos arenosos, e que pequenos incrementos na densidade do solo em solos argilosos compactados, causam acentuados incrementos na resistência do solo à penetração.

Analisando o efeito do teor de água e da pressão aplicada na compactação do solo, Pereira et al. (2002) concluíram que o teor de água do solo de 20 % proporciona um estado estrutural favorável a um aumento da macroporosidade do solo, e ainda que no teor de água de 24,5% há um aumento na resistência do solo à tração com o aumento da pressão aplicada.

No sistema de plantio direto é comum a ocorrência de compactação da camada superficial do solo e dependendo do seu nível, pode prejudicar o desenvolvimento das plantas. A compactação pode ser causada pela pressão dos rodados no solo e outros componentes das máquinas, podendo aumentar com a realização de operações com alto teor de

água no solo. Os efeitos da compactação do solo podem ser minimizados com a utilização de sistemas de rotação de culturas (Araújo et al., 2001). Os mesmos autores afirmam ainda que a velocidade e o tipo de mecanismo sulcador usado na semeadora-adubadora, são fatores importantes para a definição do requerimento de potência do trator, para efetuar a operação de semeadura.

Mello et al. (2002) avaliando a condição física do solo com diferentes tipos de mecanismos sulcadores, mostraram que a haste (facão) apresentou maior capacidade de romper o solo na linha de semeadura, provocando redução na densidade e resistência à penetração; aumento na macroporosidade do solo e um aumento de 11,3% na produção do milho, em relação ao mecanismo sulcador tipo disco duplo.

Segundo Landers et al. (1995) quando o solo tem tendência de compactar, o emprego do mecanismo sulcador tipo facão, apresenta-se como melhor opção para semeadura. Neste mesmo contexto, Mello & Takahashi (2000) avaliando mecanismo rompedores e rodas compactadoras de semeadoras-adubadoras para cultivo de milho em semeadura direta, concluíram que o uso de facão mostrou tendência à maior produtividade, provavelmente devido à maior profundidade de trabalho do facão, conseguindo assim quebrar a camada compactada superficial do solo.

Para Araújo et al. (2001) uma forma direta para saber identificar se a compactação é prejudicial as plantas, é através da análise das raízes, observando se estas têm algum desvio lateral e se concentram na superfície com crescimento desuniforme.

4.5 Mecanismos de abertura de sulco

O aumento do número de pesquisas em relação ao uso de mecanismo de abertura de sulco em plantio direto, são fundamentais, pois as respostas são variadas de acordo com a região, época de semeadura, teor de água do solo, tipo de solo e cultura utilizada (Portella et al. 1997).

Para a abertura de um sulco de profundidade uniforme, que possibilite a colocação de sementes e fertilizantes, existem diversos mecanismos sulcadores distintos, que podem ser combinados em função do preparo de solo realizado, tipo de solo, teor de água, grau de compactação da camada superficial, profundidade de semeadura, velocidade e grau de

mobilização do leito de semeadura desejado (ASAE, 1996). As combinações mais usadas no Brasil, segundo Levien (1999) são os sulcadores discos duplos (desencontrados e defasados) e os sulcadores do tipo facão.

Para Machado et al. (1996), os mecanismos sulcadores tipo facão apresentam melhores resultados em solos bem drenados, que não possuam restos vegetais, tocos ou pedras, pois este poderá sofrer embuchamento ou danificar-se, levando a irregularidade na abertura dos sulcos e na deposição de sementes e adubo. Os autores dizem ainda que o mecanismo sulcador tipo facão, sendo comparado com o de disco duplo, exige maior esforço de tração. Os discos duplos, adaptam-se bem a terrenos mais pesados e que apresentem grande quantidade de cobertura vegetal, com um pequeno esforço de tração e desgaste.

Siqueira et al. (2002) trabalhando em um Latossolo Roxo distrófico, em diferentes teores de água no solo, profundidades de trabalho e diferentes modelos de hastes sulcadoras, mostraram que o uso de hastes com formato parabólico, ângulo de ataque em torno de 20 graus e espessura máxima da ponteira de 22 mm, podem representar até 50% de redução na potência requerida de tração de uma semeadora-adubadora de plantio direto com 9 linhas. Afirmam ainda que a redução de 50% na potência significou uma redução máxima de 27 CV na potência no motor. Verificaram também que aumentando a profundidade de 12 para 20cm, ocorreram aumentos na força de tração de 170 para 465 kgf, o que representa cerca de 5,4 CV e 14,3 CV no motor por haste, respectivamente.

Osmerzi (1986) testando diferentes tipos de sulcadores concluiu que o sulcador de cinzel (facão) atingiu maiores profundidades de trabalho do que os sulcadores de discos e sapatas. Porém, a profundidade de trabalho foi mais regular nos discos do que nas hastes.

Comparando as hastes sulcadoras em relação aos discos duplos, Araújo et al. (2001) concluíram que as hastes sulcadoras promovem maior mobilização do solo nos sulcos da semeadura, aumentando a incidência de plantas daninhas, a ocorrência de erosão e a possibilidade de falhas no aterramento do sulco.

Tessier et al. (1991) destacam a capacidade da haste com ponteira larga de trazer solo úmido do fundo do sulco para a proximidade das sementes melhorando a disponibilidade de água no solo, naquela profundidade por um curto período após a

semeadura. Entretanto, a haste proporcionou maior mobilização do solo, maior profundidade de semeadura e desagregação do solo junto às sementes, diminuindo o número de plântulas de trigo que emergiram e a velocidade de emergência em relação ao disco duplo.

Klein & Boller (1995) avaliando a cultura do milho em diversos sistemas de manejo de solo, concluíram que o sulcador tipo haste proporcionou maior produtividade do que o sulcador tipo disco duplo e que a utilização de sulcador tipo haste elimina o problema da compactação superficial.

Araújo et al. (2001) afirmaram que a melhor haste sulcadora é aquela que consegue penetrar com facilidade em solo mais compactado superficialmente, exigindo baixa força de tração e movimentação mínima de solo no sulco. O desempenho da haste depende de vários fatores, tais como: velocidade de operação, posição em relação aos demais sulcadores de semeadora, condição do solo, nível de aderência de solo e das características geométricas da própria haste.

Considerando ainda o uso de hastes sulcadoras, Wilkins et al. (1983) testaram diferentes tipos de sulcadores, obtendo melhor contato solo-semente com o sulcador tipo facão, tendo influência na retenção de água e na densidade das paredes do sulco, afetando diretamente à emergência das plântulas. Concluíram ainda que o facão é mais suscetível ao embuchamento da palha, e não podem ser usados em áreas com pedras, tocos ou raízes.

Araújo et al. (2000) também estudaram semeadoras equipadas com diferentes sulcadores do tipo facão, avaliando o número médio de dias e índice de emergência de plântulas de soja e milho, concluindo que o desempenho dos sulcadores foi diferente quanto à emergência.

Outra característica importante para os mecanismos sulcadores é a uniformidade da profundidade de semeadura. Para o plantio direto, outros fatores são importantes como a capacidade de trazer a terra úmida para próximo a semente e a taxa de evaporação do teor de água (Wilkins et al., 1983; Tessier et al., 1991).

Avaliando o desempenho de mecanismos sulcadores de uma semeadora-adubadora a tração animal, Almeida (1999) concluiu que o sistema sulcador tipo duplo defasado mobilizou menor volume de solo, exigiu menos potência e proporcionou menor profundidade de adubação que os sistemas providos de sulcador do tipo facão.

Schlosser et al. (1999) estudaram o efeito da escarificação em solo Podzólico Vermelho Amarelo em cinco coberturas de solo distintas e o efeito de três mecanismos de abertura de sulco. Concluíram que o uso do disco duplo provoca menor emergência de plantas daninhas em relação a haste sulcadora (facão), devido à maior largura do sulco produzido. O sulcador tipo haste se movimenta deslizando, recebe maior resistência do solo, promove maior distúrbio na linha da semeadura e resulta em um sulco mais largo.

Siqueira et al. (2000) testando diferentes hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio direto em diferentes teores de água e profundidades de sulco, verificaram que na maior profundidade (12,5 cm), foi exigida maior força e potência e que o teor de água no solo não afetou o requerimento de potência.

Silva (2000) avaliando mecanismo sulcadores tipo disco duplo e haste, verificaram esforço tratorio 69% maior na haste, quando comparado ao disco duplo. Houve também maior exigência de força por linha na haste, devido à maior profundidade de trabalho.

A exemplo disso, Oliveira et al. (2000) avaliaram o desempenho de diferentes hastes sulcadoras e afirmaram que é possível selecionar hastes sulcadoras que exijam menores esforços e potência do trator, e que selecionando teores de água e profundidade de trabalho, pode-se reduzir a mobilização do solo.

Coelho (1998) analisando diferentes tipos de elementos sulcadores para semeadoras-adubadoras de plantio direto, verificou que os tratamentos que apresentaram facas sulcadoras para a adubação, foram as que mais exigiram força de tração e que mais mobilizaram o solo em relação aos demais tratamentos.

Cepik et al. (2002a) analisando a patinagem do trator e a força de tração em hastes sulcadoras, concluíram que houve diferença significativa nos parâmetros estudados em função do aumento da profundidade de trabalho do sulcador. A velocidade de deslocamento da semeadora influenciou a força de tração somente na condição de solo friável e a patinagem na condição seco e friável, com maiores valores na maior velocidade testada ($6,5 \text{ km.h}^{-1}$).

Trabalhando com haste sulcadora (facão), Cepik et al. (2002b) concluíram que a relação entre a força de tração requerida e a área de solo mobilizada pelo sulcador, não foi influenciada pelo fator velocidade de deslocamento do conjunto. Porém houve influência nos parâmetros em função do fator profundidade de trabalho.

Fey et al. (2000) avaliaram o desempenho de mecanismos sulcadores em solo com textura argilosa e, observaram que o teor de água influenciou na força máxima de tração quando utilizou a semeadora com mecanismo sulcador do tipo facão, sendo os valores maiores do que os encontrados para o mecanismo sulcador tipo disco e guilhotina.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material

5.1.1 Área experimental

O presente trabalho foi instalado e conduzido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – Unesp Campus de Botucatu, localizada no município de Botucatu – SP, no período de outubro de 2001 a maio de 2002.

A área experimental tem a sua localização geográfica definida nas coordenadas 22° 49' Latitude Sul e 48° 25' Longitude Oeste, com altitude média de 770 m, declividade média de 5% e exposição face oeste.

A área experimental vinha sendo conduzida no sistema de plantio direto desde 1997 com a cultura do milho nas safras de verão e as culturas da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) ou triticale (*Triticum turgidocereale*) nas safras de outono/inverno. Após a colheita da safra de verão 2000/2001, implantou-se a cultura da aveia preta, a qual posteriormente, foi dessecada por meio de herbicida para instalação do experimento.

O solo da área está classificado, segundo Embrapa (1999), como Nitossolo Vermelho distroférico, relevo ondulado textura muito argilosa. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, classificado como subtropical, com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos.

O Quadro 1 e 2 apresentam, respectivamente, a caracterização do solo pela análise química e granulométrica:

Quadro 1: Análise química do solo na camada de 0 – 30 cm.

Prof.	pH	M.O.	P _{resina}	H+AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g.dm ⁻³	Mg.dm ⁻³	Mmol _c .dm ⁻³						
0-10cm	5,7	38	41	30	6,6	42	20	69	99	67
10-20cm	6,0	32	39	29	5,6	48	24	78	107	73
20-30cm	5,8	27	26	33	4,9	40	20	65	98	65

Quadro 2. Análise granulométrica do solo na camada de 0 a 25 cm.

Frações	%
Areia	13
Silte	12
Argila	75
Textura do solo	Muito argilosa

5.1.2 Dados climatológicos

As condições climatológicas foram consideradas boas para a região, durante a realização do ensaio, sendo que não ocorreu deficiência hídrica no período da emergência, como também no florescimento da cultura do milho, que são considerados os pontos críticos para queda de produtividade durante o desenvolvimento da cultura.

Os dados de precipitação pluviométrica e de temperatura do ar são apresentados no apêndice deste trabalho.

5.1.3 Equipamentos agrícolas¹

Para a instalação dos tratamentos e condução do experimento foram utilizados as seguintes máquinas e implementos agrícolas.

Trator marca SLC John Deere², modelo 6600, com potência no motor de 88,3 kW (120 cv) e tração dianteira auxiliar (4x2 TDA) em conjunto com a semeadora-adubadora de precisão da marca Marchesan, modelo PST2, de arrasto, reservatório com capacidade para 725 kg de fertilizantes e 160 kg de sementes, com mecanismo dosador de sementes do tipo discos horizontais perfurados, com mecanismos de abertura de sulcos variando conforme os tratamentos entre disco duplo e haste sulcadora (facão). Para os tratamentos referentes ao espaçamento entre fileiras de 0,90m foram utilizadas 4 linhas de semeadura, enquanto para os tratamentos referentes ao espaçamento entre fileiras de 0,45m foram utilizadas 6 linhas de semeadura.

Foi utilizado o trator marca Massey Ferguson, modelo MF235, com potência no motor de 33 kW (45 cv) em conjunto com o pulverizador de barras marca Jacto, modelo Condor M12, barra com 12 m de comprimento, tanque com capacidade para 600 L, 24 bicos tipo leque, espaçados de 50 cm; para dessecação da aveia preta antes da semeadura, na aplicação de herbicida e inseticida durante o ciclo da cultura do milho, bem como no transporte de materiais (sementes, fertilizantes, mecanismos de abertura de sulco, etc.).

Utilizou-se trilhadora estacionária de grãos marca Nux, modelo BC-30 Junior.

5.1.4 Insumos

5.1.4.1 Sementes

Foram utilizadas sementes de milho híbrido CO 32, material este pertencente à empresa Down Agrosience, com poder germinativo de 93%, germinação mínima de 88% e 99% de pureza.

¹ De acordo com o catálogo do fabricante.

² A citação de qualquer marca comercial, não indica recomendação por parte do autor.

5.1.4.2 Fertilizantes

Utilizou-se uma mistura de grânulos na formulação 8-28-16 (N-P-K), para a semeadura da cultura do milho, na dosagem de 250 kg.ha⁻¹.

A adubação de cobertura foi feita manualmente com uréia, na dosagem de 200 kg.ha⁻¹.

As quantidades de fertilizantes utilizadas foram aplicadas de acordo com as recomendações técnicas, baseada na análise química do solo feita anteriormente.

5.1.4.3 Defensivos agrícolas

Foram utilizados os seguintes defensivos agrícolas:

Herbicida de princípio ativo Glyphosate (Roundup), na dosagem de 3,5 L.ha⁻¹ e volume de aplicação de 200 L.ha⁻¹ na dessecação da aveia preta antes da semeadura do milho.

Herbicida de princípio ativo Atrazine (Siptran) na dosagem de 2 L.ha⁻¹, juntamente com o herbicida de princípio ativo Nicosulfuron (Sanson 40 SC) na dosagem de 0,5 L.ha⁻¹, com volume de aplicação de 200 L.ha⁻¹, para o controle de plantas invasoras em pós-emergência.

Inseticida de princípio ativo Deltamethrin (Decis 25 CE), na dosagem de 0,2 L.ha⁻¹ e volume de aplicação de 150 L.ha⁻¹, para o controle do ataque da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

5.1.5 Determinação da resistência do solo à penetração

Para determinação da resistência do solo à penetração, utilizou-se um penetrômetro hidráulico eletrônico, descrito por Santos (1998).

5.1.6 Determinação da matéria seca da cobertura vegetal

Para determinação da matéria seca da cobertura vegetal do solo, utilizou-se quadrado de madeira com dimensão de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²), tesoura de poda, sacos de papel, estufa na temperatura de 65° C com circulação forçada de ar e balança digital de precisão.

5.1.7 Determinação do teor de água no solo

Para determinação do teor de água no solo foi utilizado enxadão, cápsulas de alumínio, fita crepe, caixa de isopor, balança de precisão e estufa elétrica.

5.1.8 Determinação da densidade do solo

Na determinação da densidade do solo, utilizou-se enxadão, anel volumétrico, castelo, marreta para fixação do anel, espátula, balança digital de precisão, estufa elétrica e papel alumínio.

5.1.9 Sistema de aquisição de dados

Para a obtenção de dados de força média na barra, velocidade de deslocamento e consumo de combustível, utilizou-se o equipamento denominado “micrologger 21X, marca Campbell Scientific”, para monitorar os dados provenientes dos sinais gerados pela célula de carga e o medidor de combustível.

Para gravar os dados foi utilizado um módulo de armazenamento externo “Storage module SM 196”.

5.1.10 Determinação da profundidade de deposição de sementes

Na determinação da profundidade de deposição de sementes utilizou-se faca, enxadão, régua graduada em milímetros e saco de papel.

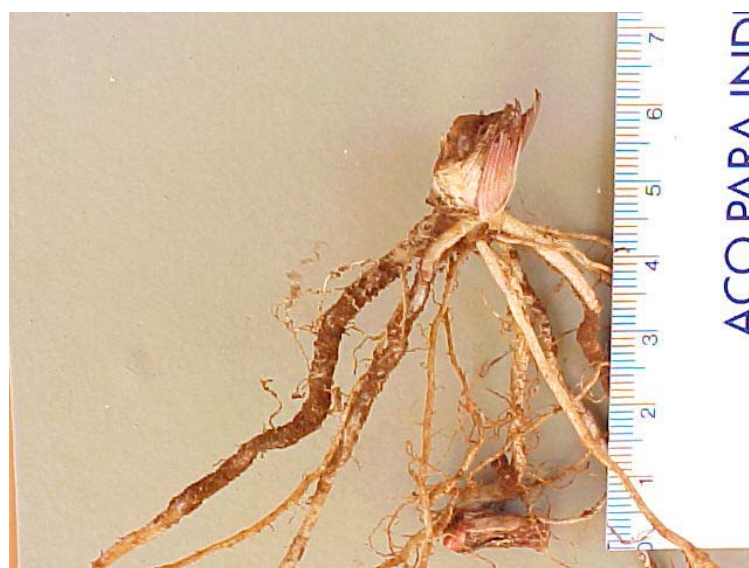


Figura 1. Avaliação da profundidade de deposição de sementes.

5.1.11 Determinação da área de solo mobilizado

Para determinar a área de solo mobilizado na linha de semeadura, utilizou-se um perfilômetro de madeira composto por 32 hastes de 30 cm cada, com espaçamento de 1,5 cm entre estas, descrito por Mahl (2002), papel sulfite de tamanho A3; caneta e mesa digitalizadora (determinação da área mobilizada).

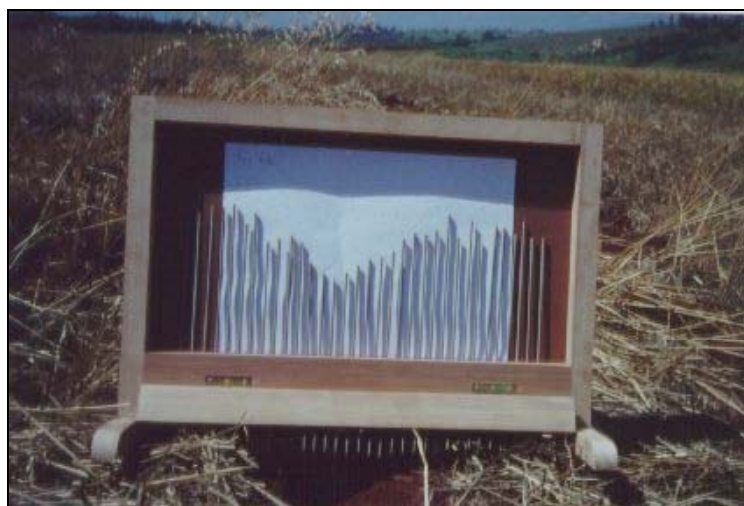


Figura 2. Perfilômetro utilizado para avaliar a área de solo mobilizado (Mahl 2002).

5.1.12 Determinação da porcentagem de cobertura vegetal do solo

Para determinação da porcentagem de cobertura vegetal do solo, seguiu-se a metodologia de Laflen et al. (1981), utilizando-se cordão de plástico de 15 m de comprimento com marcação a cada 0,15m.

5.1.13 Determinação do consumo horário de combustível

Utilizou-se um fluxômetro, marca “Flowmate” oval, modelo Oval M-III, com precisão de 0,01. Este fluxômetro emite uma unidade de pulso a cada mL de combustível consumido pelo trator, o qual é registrado pelo sistema de aquisição de dados.



Figura 3. Fluxômetro instalado no trator para medição do consumo de combustível.

5.1.14 Determinação da força de tração

Para determinação da força de tração na barra, utilizou-se célula de carga de marca Sodmex, modelo N-400, com capacidade de 100 kN e sensibilidade de 1,998 mV/V.



Figura 4. Célula de carga instalada no trator para medição da força de tração.

5.1.15 Determinação do diâmetro de colmo, altura de inserção da primeira espiga e altura de plantas

Para determinação do diâmetro de colmo foi utilizado um paquímetro digital de precisão de 0,1 milímetros. Para medição da altura de inserção da primeira espiga e altura de plantas foi utilizada uma régua graduada em centímetros.

5.1.16 Determinação da produtividade de grãos

Para obtenção da produtividade de grãos, utilizou-se trena de 5 m, etiquetas para identificação, sacos para armazenamento de grãos e trilhadora estacionária de grãos marca Nux, modelo BC-30 Junior, balança digital de precisão, latas com tampa e estufa elétrica a 105°C.

5.2 Métodos

5.2.1 Delineamento experimental

O presente trabalho foi conduzido no delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema fatorial (3x2): três profundidades da haste sulcadora (0,10; 0,20; e 0,30 m) e dois espaçamentos entre as fileiras da cultura do milho (0,45 e 0,90 m) para o mecanismo sulcador tipo haste; além do mecanismo sulcador tipo disco duplo nos dois espaçamentos determinados.

Com isto, o delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial ficou composto de 32 unidades experimentais, sendo distribuídas em 4 blocos.

5.2.2 Descrição dos tratamentos

Os tratamentos foram compostos da combinação de três profundidades da haste sulcadora, dois espaçamentos entre linhas da cultura do milho e dois tratamentos de sulcadores de disco duplo. Os tratamentos são representados abaixo:

T1= HP1E1

T2 = HP1E2

T3 = HP2E1

T4 = HP2E2

T5 = HP3E1

T6 = HP3E2

T7 = DDE1

T8 = DDE2

Sendo:

H: mecanismo sulcador tipo haste

DD: mecanismo sulcador tipo disco duplo

P1: Profundidade de trabalho da haste sulcadora de 0,10 m

P2: Profundidade de trabalho da haste sulcadora de 0,20 m

P3: Profundidade de trabalho da haste sulcadora de 0,30 m

E1: Espaçamento entre linhas do milho de 0,90 m

E2: Espaçamento entre linhas do milho de 0,45 m

5.2.3 Instalação e condução do experimento

Cada unidade experimental possuía 20 m de comprimento x 8 m de largura, perfazendo uma área de 160 m², com carregadores de 10 m para manobra e estabilização dos equipamentos, conforme mostra a Figura 5.

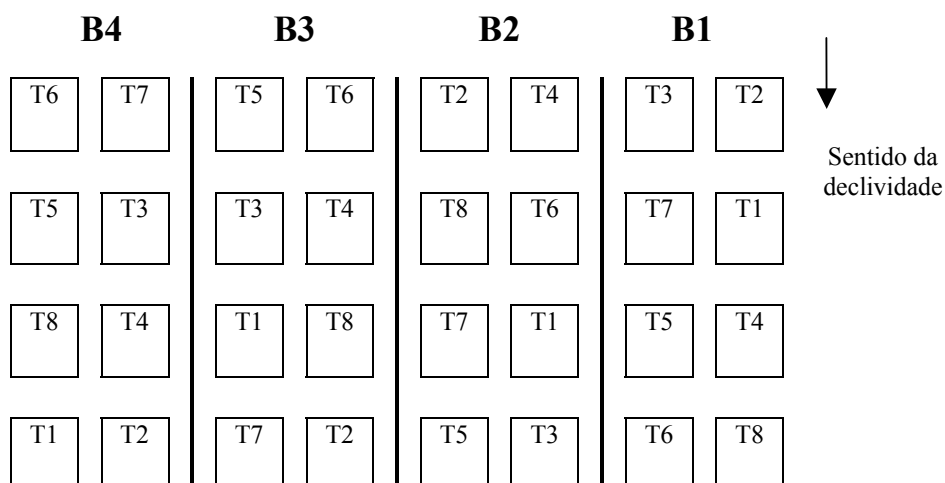


Figura 5. Distribuição dos blocos e dos tratamentos na área experimental.

5.2.4 Cronograma de condução do experimento

A condução do experimento foi realizada conforme cronograma do Quadro 3.

Quadro 3. Cronograma de atividades desenvolvidas em campo e laboratório.

Data	Atividade
03/09/01	Coleta de solo para análise química.
09/11/01	Demarcação da área experimental.
03/12/01	Coleta de amostras de matéria seca da aveia preta e de restos vegetais.
05/12/01	Coleta de solo para determinação de densidade do solo.
18/12/01	Regulagem e instrumentação da semeadora-adubadora para a semeadura.
19/12/01	Semeadura da cultura do milho.
	Coleta de dados de força de tração na barra, consumo de combustível e velocidade de deslocamento.
	Coleta de dados de área de solo mobilizado.
27/12/01	Coleta de dados de percentagem de cobertura pós-semeadura.
07/01/02	Coleta de dados de profundidade de deposição de sementes.
08/01/02	Aplicação de herbicida pós-emergente e inseticida.
18/01/02	Aplicação manual de adubação nitrogenada em cobertura.
23/04/02	Coleta de dados de diâmetro do colmo, altura das plantas e altura de inserção da primeira espiga.
24/05/02	Colheita do milho.
07/06/02	Trilha, pesagem e determinação do teor de água dos grãos de milho
12/08/02	Determinação da resistência do solo à penetração e coleta de solo para determinar o teor de água.

5.2.5 Resistência mecânica do solo à penetração

Foi determinada a resistência do solo à penetração utilizando-se um penetrômetro hidráulico eletrônico, descrito por Santos (1998). Foram feitas 3 determinações por parcela, nas profundidades de 0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40 e abaixo de 0,40 m.

5.2.6 Teor de água no solo

O teor de água no solo foi determinado conforme Embrapa (1979), pelo método gravimétrico. Amostras foram coletadas por ocasião da semeadura da cultura do milho e na determinação da resistência mecânica do solo à penetração, nas camadas de 0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m.

O solo foi pesado em balança digital de precisão de 0,01g e levado à estufa, com temperatura de 105°C, permanecendo por 24 horas. Em seguida, as amostras foram pesadas novamente para obtenção do teor de água.

5.2.7 Teor de matéria seca da cobertura vegetal

Para determinação do teor de matéria seca da cobertura vegetal (aveia preta + restos da cultura anterior), foram coletadas duas amostras em cada parcela, antes da semeadura da cultura do milho. Para tal determinação foi utilizado o método do quadrado de madeira de 0,25 m², jogado ao acaso sobre a superfície do solo de cada parcela experimental, conforme metodologia descrita por Chaila (1986). Em seguida, o material coletado foi colocado em saco de papel e levado à estufa, permanecendo à temperatura de 65°C por 72 horas; sendo, posteriormente, pesado e os valores transformados em kg.ha⁻¹.

5.2.8 Densidade do solo

Para a determinação da densidade do solo foi utilizada a metodologia do anel volumétrico, descrita no Manual de Métodos de Análise do Solo – Embrapa (1979). Foram coletadas duas amostras em cada parcela, nas camadas de 0 – 0,15 e 0,15 – 0,30 m.

5.2.9 Sistema de aquisição de dados

Os dados foram armazenados continuamente a uma frequência de 5 Hz em um módulo de armazenamento externo de dados e em seguida transferidos ao computador.

Os dados coletados se referem a força de tração, consumo de combustível e velocidade de deslocamento. O sistema de aquisição de dados foi acionado

mediante balizamento no início e no final de cada parcela. Os dados correspondem às médias aritméticas de todos os valores registrados por parcela experimental.

5.2.10 Determinação da velocidade de deslocamento

A velocidade de deslocamento foi determinada através do sistema de aquisição de dados. O tempo gasto para percorrer cada parcela correspondeu ao produto da quantidade de registros por parcela e o intervalo de tempo, em segundos, entre cada registro (0,2 s).

5.2.11 Profundidade de deposição de sementes

A profundidade de semeadura foi determinada através do corte da parte aérea das plantas rente ao solo, sendo coletado com o uso de um enxadão, a semente com o mesocótilo. Em seguida, utilizando uma régua graduada em milímetros, determinou-se a profundidade de deposição das sementes. Foram coletadas 5 plantas da mesma linha em cada parcela. Utilizando-se uma régua graduada em milímetros, foi medida a distância entre a semente e o nível do solo para determinação da profundidade de deposição de sementes.

5.2.12 Área de solo mobilizado

Para avaliar a área de solo mobilizado foi utilizado o perfilômetro de madeira, descrito por Mahl (2002). Após a passagem da semeadora-adubadora, marcou-se o perfil da superfície do solo em folhas de papel tamanho A3. Em seguida, virando o perfilômetro num ângulo de 90° e mantendo a base fixa ao solo, para a retirada manual do solo mobilizado no sulco da semeadura, e, voltando-se novamente o perfilômetro na posição vertical, remarcou-se o perfil do sulco na mesma folha. Após esta operação, foi traçada uma linha ligando as extremidades dos pontos coletados de cada folha, para fornecer o perfil natural do solo em cada linha de semeadura. A área de solo mobilizado foi obtida através de digitalização em escala real por uma mesa digitalizadora, sendo calculada a área em cm² pelo “software” SPLAN – Sistema de Planimetria, desenvolvido pelo CINAG – Centro de Informática na Agricultura, na FCA/UNESP.

5.2.13 Porcentagem de manutenção de cobertura do solo

Seguiu-se a metodologia descrita por Laflen et al. (1981), contando os pontos que possuíam cobertura vegetal ao longo da fita de 15 m. A contagem foi feita em diagonais e tirado um valor médio de cada parcela, sendo realizada antes e após a semeadura.

5.2.14 Consumo horário de combustível

Utilizou-se um fluxômetro instalado próximo ao filtro de combustível do trator. O gerador registrou uma unidade de pulso a cada mL de combustível que passou pelo mesmo.

O cálculo foi obtido pela quantidade de pulsos e o tempo gasto para percorrer a parcela.

5.2.15 Força de tração

Os valores de força de tração na barra foram monitorados e armazenados pelo sistema de aquisição de dados em unidades de kN, que correspondeu à média aritmética dos valores obtidos durante o deslocamento da semeadora-adubadora pela parcela experimental.

5.2.16 Força de tração requerida por linha de semeadura

Para efeito de comparação de desempenho de semeadoras-adubadoras, algumas literaturas nacionais ressaltam a importância de avaliação de força de tração específica, seja ela por número de conjuntos de órgãos ativos (linhas de semeadura), por profundidade de abertura de sulco e por unidade de solo mobilizado. Desta forma, foram avaliadas além da força de tração média e máxima, a força de tração por linha de semeadura.

A força de tração por linha de semeadura correspondeu à força de tração requerida por unidade de semeadura, sendo calculada pela equação:

$$F_L = \frac{F_m}{NL}$$

em que:

F_L = força de tração média requerida por linha de semeadura (kN.linha^{-1});

F_m = força de tração média, determinada em (kN);

NL = Número de linhas das semeadoras-adubadoras .

5.2.17 Capacidade de campo efetiva

A capacidade de campo efetiva foi determinada pela relação entre a área útil da parcela trabalhada e o tempo gasto no percurso da parcela, por meio da equação:

$$CE = \frac{Atr}{\Delta_t} \cdot 0,36$$

em que:

CE = capacidade de campo efetiva (ha.h^{-1});

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

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

0,36 = fator de conversão.

5.2.18 Diâmetro do colmo, altura de inserção da primeira espiga e altura de plantas

O diâmetro médio do colmo, a altura média de inserção da primeira espiga e a altura média das plantas de milho, foram determinados aleatoriamente em dez plantas de cada parcela experimental logo após o período de florescimento.

Para a determinação do diâmetro do colmo das plantas, utilizou-se um paquímetro de precisão de 0,1 milímetro medindo-se no primeiro internódio do colmo, a partir da superfície do solo.

Para as determinações de altura, utilizou-se uma régua graduada em

centímetros, sendo que para a altura das plantas, mediu-se a distância da superfície do solo à inserção da folha bandeira no colmo das plantas, enquanto que para a altura de inserção de primeira espiga, mediu-se a distância entre a superfície do solo e a inserção da primeira espiga.

5.2.19 Produtividade

Para o cálculo da produtividade da cultura do milho, foram colhidos 5 metros das duas linhas centrais, nas parcelas que possuíam espaçamento entre fileiras de 0,90m; das quatro linhas centrais, nas parcelas que possuíam espaçamento entre fileiras de 0,45m . As espigas foram colhidas manualmente, sendo armazenadas em sacos e identificadas. Em seguida passaram pela secagem e trilha. Depois foram pesadas e amostradas para determinação do teor de água dos grãos, a qual foi determinada pelo método da estufa a 105°C por 24 horas. A produtividade foi calculada com o teor de água dos grãos corrigido para 13%.

5.2.20 Análise estatística dos dados

Para a análise estatística dos resultados obtidos, todos os parâmetros descritos acima, foram submetidos à análise estatística de variância e nas causas de variações significativas ($P < 0,05$) procedeu-se o Teste de Tukey a 5% de significância para comparar os contrastes entre médias.

Foram determinados além dos valores médios os coeficientes de variação dos dados obtidos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os resultados obtidos serão apresentados na forma de Quadros e Figuras. A soma dos quadrados de tratamentos, não apresentada, foi decomposta nas somas de quadrados: S1: espaçamentos para haste; S2: profundidades de trabalho do mecanismo sulcador tipo haste dentro do espaçamento entre fileiras de 0,90m; S3: profundidades de trabalho do mecanismo sulcador tipo haste dentro do espaçamento entre fileiras de 0,45m; S4: espaçamentos entre fileiras para mecanismo sulcador tipo disco duplo; S5: mecanismos sulcadores tipo haste e disco.

A DMS apresentada é o de Tukey para comparar profundidades de trabalho da haste dentro dos espaçamentos. Para comparar os dois mecanismos sulcadores nos espaçamentos estudados, e o contraste entre os dois mecanismos sulcadores (haste contra o disco); como estes contrastes tem apenas um grau de liberdade; não há necessidade de calcular DMS por Tukey, visto que o teste F, que é o quadrado do teste t, já apresenta o melhor resultado para comparar estas médias.

Nos quadros de resultados de análise de variância e de teste de médias, as médias seguidas de letras diferentes, diferem entre si a 5% de probabilidade; a ausência de

letras indica que as médias não diferem entre si a 5% de probabilidade; asterisco (*) representa efeito significativo ($P < 0,05$); 'ns' representa o efeito não significativo ($P > 0,05$) e CV corresponde ao coeficiente de variação.

Nos apêndices constam todos os resultados originais dos parâmetros avaliados e outras informações complementares.

6.1 Teor de água no solo

Nos Quadros 4 e 5 são apresentados, respectivamente, os valores médios (uma vez que, estatisticamente não houve variação entre as parcelas experimentais) de teores de água no solo, no momento da semeadura da cultura do milho e da determinação da resistência mecânica do solo à penetração.

Quadro 4. Teor de água no solo (g.kg^{-1}) no momento da semeadura do milho.

Camada (cm)	Teor de água (g.kg^{-1})
0-10	27,79
11-20	28,34
21-30	31,02
31-40	31,48

Quadro 5. Teor de água no solo (g.kg^{-1}) no momento da determinação da resistência do solo à penetração.

Camada (cm)	Teor de água (g.kg^{-1})
0-10	27,58
11-20	28,41
21-30	29,82
31-40	28,64

Nos Quadros 4 e 5 observa-se que para cada classe de profundidade, houve pequena variabilidade do teor de água no solo entre as parcelas experimentais,

indicando que a quantidade de cobertura vegetal sobre a superfície do solo, por ocasião da implantação dos tratamentos, era homogênea.

6.2 Matéria seca da cobertura vegetal

No Quadro 6 são apresentadas as quantidades de matéria seca existentes na superfície do solo no momento da semeadura da cultura do milho, as quais originaram-se da cultura de aveia preta e de restos culturais (culturas anteriores e plantas daninhas).

Quadro 6. Quantidade de matéria seca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de restos vegetais da aveia preta e plantas daninhas.

Tratamento		Média	
Haste	E1	5384	A
	E2	5327	A
E1	P1	4661	A
	P2	5392	A
	P3	6100	A
E2	P1	4425	A
	P2	6088	A
	P3	5469	A
Disco	E1	4615	A
	E2	5150	A
Haste		5356	A
Disco		4883	A
DMS =	3015		
CV(%) =	32,3		

Observa-se que a produção de matéria seca da cultura da aveia preta e de restos vegetais não diferiu estatisticamente, apresentando em média $5240 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Estes resultados indicam a homogeneidade da área experimental. A produção de matéria seca da aveia preta foi semelhante à encontrada por Siqueira (1999), que obteve produção média de $5136 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. A proporção de acúmulo de matéria seca em área de plantio direto, pode ser considerada adequada ao sistema, de acordo com Alvarenga et al. (2001), que consideraram

apropriada a quantidade de 6000 kg.ha^{-1} de matéria seca de cobertura vegetal. Ressalta-se também que o local onde se instalou o experimento, pertence à região citada pelos autores em que, devido às condições climáticas, torna-se difícil o estabelecimento de culturas de inverno e a decomposição dos resíduos no verão é intensa.

Em solo conduzido sob sistema de plantio direto há cinco anos, a proporção de matéria seca de resíduos na superfície do solo foi praticamente igual à produção de matéria seca da cultura de inverno implantada. As proporções relativamente altas de resíduos culturais, sugerem que as condições climáticas locais permitem manter por um determinado período de tempo, resíduos vegetais sobre a superfície do solo, condição desejável ao sistema de plantio direto.

6.3 Resistência mecânica do solo à penetração, após colheita da cultura do milho.

Os valores médios de resistência mecânica do solo à penetração para as profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e abaixo de 40 cm são apresentados, respectivamente, nos Quadros 7, 8, 9, 10 e 11. Os teores de água no solo, por ocasião das determinações de resistência à penetração, são apresentados no Quadro 5.

Torna-se importante ressaltar que tal parâmetro não foi determinado antes da instalação dos tratamentos devido ao alto teor de água no solo, decorrente das freqüentes chuvas ocorridas no período. De acordo com Santos (1998) o teor de água elevado no solo pode mascarar o resultado de resistência mecânica do solo à penetração.

Quadro 7. Valores médios de resistência à penetração (kPa) na camada de 0-10 cm.

Tratamento		Média	
Haste	E1	516	A
	E2	476	A
E1	P1	578	A
	P2	577	A
	P3	393	A
E2	P1	514	A
	P2	378	A
	P3	536	A
Disco	E1	497	A
	E2	589	A
Haste		496	A
Disco		543	A
DMS =		313	
CV(%) =		34,5	

Quadro 8. Valores médios de resistência à penetração (kPa) na camada de 10-20 cm.

Tratamento		Média	
Haste	E1	1060	A
	E2	1187	A
E1	P1	1088	A
	P2	1129	A
	P3	962	A
E2	P1	1182	A
	P2	995	A
	P3	1385	A
Disco	E1	1128	A
	E2	1143	A
Haste		1124	A
Disco		1136	A
DMS =		506	
CV(%) =		25,2	

Quadro 9. Valores médios de resistência à penetração (kPa) na camada de 20-30 cm.

Tratamento		Média	
Haste	E1	980	A
	E2	914	A
E1	P1	972	A
	P2	991	A
	P3	977	A
E2	P1	915	A
	P2	884	A
	P3	944	A
Disco	E1	1116	A
	E2	859	A
Haste		947	A
Disco		988	A
DMS =		360	
CV(%) =		21,1	

Quadro 10. Valores médios de resistência à penetração na camada (kPa) de 30-40 cm.

Tratamento		Média	
Haste	E1	912	A
	E2	807	A
E1	P1	863	A
	P2	1034	A
	P3	839	A
E2	P1	757	A
	P2	802	A
	P3	862	A
Disco	E1	999	A
	E2	989	A
Haste		860	A
Disco		994	A
DMS =		412	
CV(%) =		25,9	

Quadro 11. Valores médios de resistência à penetração (kPa) na camada abaixo de 40 cm.

Tratamento		Média	
Haste	E1	703	A
	E2	746	A
E1	P1	750	A
	P2	738	A
	P3	621	A
E2	P1	959	A
	P2	559	A
	P3	721	A
Disco	E1	728	A
	E2	778	A
Haste		725	A
Disco		753	A
DMS =	378		
CV(%) =	29,0		

Observa-se que não houve diferença significativa entre as variáveis estudadas (Quadros 7, 8, 9, 10 e 11). Nota-se ainda que há uma tendência de compactação na faixa de 10-20cm, pois é nesta camada que a resistência mecânica do solo à penetração, assumem os maiores valores.

6.4 Velocidade de deslocamento

Os resultados da variação da velocidade de deslocamento na semeadura da cultura do milho são apresentados no Quadro 12 e Figura 6.

Quadro 12. Valores de velocidade de deslocamento (km.h^{-1}) do conjunto trator/semeadora-adubadora na semeadura da cultura do milho.

Tratamento		Média	
Haste	E1	4,10	A
	E2	4,16	A
E1	P1	4,28	A
	P2	4,09	A
	P3	3,93	B
E2	P1	4,42	A
	P2	4,22	A
	P3	3,83	B
Disco	E1	4,44	A
	E2	4,52	A
Haste		4,13	B
Disco		4,48	A

DMS = 0,27
CV(%) = 3,6

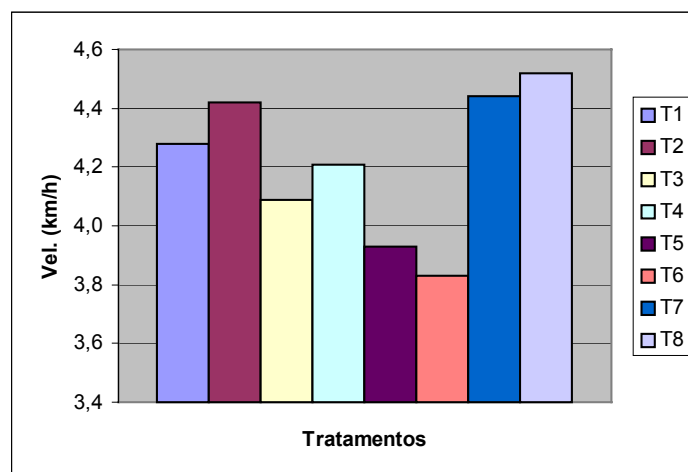


Figura 6. Variação da velocidade de deslocamento (km.h^{-1})

De acordo com o Quadro 12, nota-se que não houve diferença significativa entre os espaçamentos entre fileiras do mecanismo sulcador tipo haste. Observe-se ainda para o mecanismo sulcador tipo haste, que houve diferença significativa para a

profundidade de trabalho de 0,30m, para ambos os espaçamentos. Estas velocidades de deslocamento menores, podem ser devido a maior força requerida na barra de tração, conforme mostram os Quadros 17, 18 e 19. Outro fator que pode ter influenciado, embora não determinado, é a maior patinação do rodado motor do trator

Verifica-se também que não houve diferença significativa entre os espaçamentos estudados para o mecanismo sulcador tipo disco duplo. Isto pode ser devido ao mecanismo sulcador tipo disco duplo, não ser influenciado pelo número de unidades de semeadura.

Houve diferença significativa entre os mecanismos sulcadores estudados, sendo que o mecanismo sulcador tipo disco duplo possibilitou valores de velocidade de deslocamento 8,4% maiores em relação ao mecanismo sulcador tipo haste.

6.5 Área de solo mobilizado

No Quadro 13 são apresentados os resultados de área de solo mobilizado.

Quadro 13. Valores de área de solo mobilizado (cm²), por ocasião da semeadura da cultura do milho.

Tratamento		Média	
Haste	E1	190,6	A
	E2	161,2	B
E1	P1	88,2	C
	P2	216,0	B
	P3	267,6	A
E2	P1	93,2	C
	P2	159,5	B
	P3	230,9	A
Disco	E1	61,6	A
	E2	58,2	A
Haste		175,9	A
Disco		59,9	B
DMS =		30,73	
CV(%) =		11,0	

Conforme Quadro 13 verifica-se que a área de solo mobilizado foi influenciada pelos fatores mecanismos sulcadores, espaçamentos entre fileiras e profundidade de trabalho da haste.

O maior valor de área mobilizada no espaçamento de 0,90m ($190,6\text{cm}^2$) comparado com o espaçamento de 0,45m ($161,2\text{ cm}^2$), dentro do mecanismo sulcador tipo haste, pode ser explicado pela maior pressão exercida sobre o solo por linha de semeadura, ou seja, para um mesmo peso da semeadora-adubadora, há uma distribuição sobre 6 unidades de semeadura no espaçamento de 0,45m e apenas 4 unidades de semeadura para o espaçamento de 0,90m. Portanto, a capacidade de penetração da haste no solo, fica aumentada neste último espaçamento.

Ainda no Quadro 13, observa-se que não houve diferença significativa entre os espaçamentos estudados dentro do mecanismo sulcador tipo disco duplo. O fato pode ser explicado pela menor variação de profundidade de trabalho deste mecanismo, indicando menor dependência deste com o número de unidades de semeadura utilizadas durante a operação.

A diferença estatística significativa entre as áreas de solo mobilizado pelo mecanismo sulcador tipo haste, comparado com o disco duplo, é devido a maior profundidade de trabalho da haste, uma vez que esta foi desenvolvida justamente para este fim. Tais resultados concordam com Cepik et al. (2002a)

6.6 Profundidade de deposição de sementes

No Quadro 14 são apresentados os resultados de profundidade de deposição de sementes.

Quadro 14. Valores de profundidade (cm) de deposição de sementes de milho.

Tratamento		Média	
Haste	E1	6,5	A
	E2	5,8	B
E1	P1	5,4	B
	P2	6,4	B
	P3	7,6	A
E2	P1	5,8	A
	P2	6,3	A
	P3	5,3	A
Disco	E1	5,5	A
	E2	3,9	B
Haste		6,1	A
Disco		4,7	B
DMS =	1,13		
CV(%) =	11,0		

Observando o Quadro 14, nota-se que não houve variação da profundidade de deposição de sementes para o mecanismo sulcador tipo haste no espaçamento de 0,45m. Isto pode ser explicado devido ao maior número de unidades de semeadura utilizado por este espaçamento, garantindo uma melhor distribuição do peso total da semeadora-adubadora. Este resultado pode ser considerado satisfatório, quando se considera o aumento da profundidade de penetração da haste, sem comprometer a distribuição espacial das sementes em termos de profundidade no sulco de semeadura.

Observa-se também que houve diferença significativa para o mecanismo sulcador tipo haste para as profundidades de trabalho de 0,10m e 0,20m, no espaçamento de 0,90m. Isto pode ser devido ao menor número de unidades de semeadura (4) no espaçamento citado. Nota-se ainda diferença significativa para os mecanismos sulcadores, obtendo-se maiores valores de profundidade de deposição de sementes no mecanismo sulcador tipo haste. Este resultado indica que o mecanismo sulcador tipo haste quando trabalha em maiores profundidades, ocasiona uma maior profundidade de deposição de sementes.

De maneira geral, a distribuição de sementes em profundidade foi adequada, estando os valores médios compreendidos entre 4 e 6 cm, valores estes recomendados pela Embrapa (1993) para a cultura do milho.

6.7 Percentagem de manutenção de cobertura vegetal no solo

A percentagem de manutenção de cobertura vegetal no solo após a operação de semeadura da cultura do milho é apresentada no Quadro 15.

Quadro 15. Valores de percentagem (%) de manutenção de cobertura vegetal na superfície do solo.

Tratamento		Média	
Haste	E1	75,03	A
	E2	66,19	B
E1	P1	81,75	A
	P2	70,30	A
	P3	73,05	A
E2	P1	77,70	A
	P2	61,82	B
	P3	59,05	B
Disco	E1	85,25	A
	E2	81,82	A
Haste		70,61	B
Disco		83,54	A

DMS = 12,35

CV(%) = 9,4

Houve diferença significativa entre os espaçamentos entre fileiras dentro do mecanismo sulcador tipo haste (Quadro 15), sendo que no espaçamento de 0,90m houve uma maior manutenção da cobertura vegetal. Isto pode ser explicado pelo maior número de unidades de semeadura utilizadas para o espaçamento de 0,45m, o qual acarretou maior mobilização do solo. Embora não tenha havido diferença significativa sobre o percentual de manutenção de cobertura vegetal do solo para as profundidades de trabalho no

espaçamento de 0,90m para o mecanismo sulcador tipo haste, tais resultados podem ser devido a maior movimentação lateral de solo à medida que se aumenta a profundidade da haste.

Não houve diferenças significativas na manutenção da cobertura vegetal do solo entre os espaçamentos para o mecanismo sulcador tipo disco duplo, embora se verifica uma diminuição dos valores para o espaçamento de 0,45m. Este resultado indica que o mecanismo de abertura de sulco tipo disco duplo, para este parâmetro, é pouco influenciado pelo número de unidades de semeadura.

Nota-se também que houve diferença significativa entre os mecanismos sulcadores estudados, sendo que o mecanismo sulcador tipo disco duplo tem valor de manutenção de cobertura vegetal do solo 18,3% superior ao mecanismo sulcador tipo haste.

6.8 Capacidade de campo efetiva

O Quadro 16 e Figura 10 apresentam os resultados da capacidade de campo efetiva na operação de semeadura da cultura do milho.

Quadro 16. Valores de capacidade de campo efetiva (ha.h^{-1}).

Tratamento		Média	
Haste	E1	1,48	A
	E2	1,12	B
E1	P1	1,53	A
	P2	1,48	A
	P3	1,43	B
E2	P1	1,20	A
	P2	1,13	A
	P3	1,03	B
Disco	E1	1,60	A
	E2	1,63	A
Haste		1,30	B
Disco		1,61	A
DMS =	0,09		
CV(%) =	3,7		

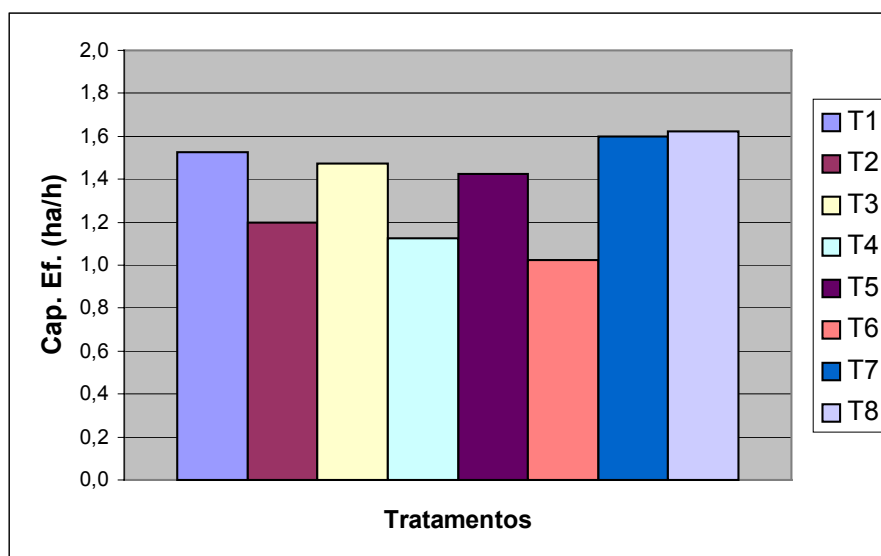


Figura 7. Variação da capacidade de campo efetiva na operação de semeadura.

A capacidade de campo efetiva, é função direta da variação da velocidade de deslocamento. Desta forma, a análise estatística revelou que os mesmos fatores que interferiram na variação de velocidade, foram os responsáveis pela variação da capacidade de campo efetiva. Assim, no Quadro 16 observa-se que houve diferença significativa entre os espaçamentos estudados dentro do mecanismo sulcador tipo haste, tendo um aumento de 32 % na capacidade de campo efetiva no espaçamento de 0,90m. Este resultado pode ser devido a maior largura de trabalho da semeadora-adubadora no espaçamento de 0,90m (4 unidades de semeadura espaçadas de 0,90m), quando comparada com o espaçamento de 0,45m (6 unidades de semeadura espaçadas de 0,45m).

Houve diferença significativa somente para a profundidade de 0,30m em ambos os espaçamentos estudados, dentro do mecanismo sulcador tipo haste (Quadro 16). Este fato pode ser devido a menor velocidade de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora, como mostra o Quadro 11, à medida que se aumenta a profundidade de trabalho.

Não houve diferença significativa na capacidade de campo efetiva entre os espaçamentos estudados utilizando-se o mecanismo sulcador tipo disco duplo, constatando que para o referido mecanismo sulcador o número de unidades de semeadura pouco influi em parâmetros como a capacidade de campo efetiva.

Houve diferença significativa também quando foram comparados os mecanismos sulcadores, sendo que o mecanismo sulcador tipo disco duplo, obteve um incremento de 24% na capacidade de campo efetiva. Isto ocorreu devido a menor velocidade de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora no mecanismo sulcador tipo haste. Esta menor velocidade de deslocamento do conjunto, quando se utilizou o mecanismo sulcador tipo haste, pode ter sido conseqüência de uma maior patinagem do rodado motor do trator, que conseqüentemente diminui a capacidade de campo efetiva. Tais resultados concordam com Levien (1999) que comparou velocidade de deslocamento entre diferentes mecanismos sulcadores.

6.9 Requerimento de força de tração: média, máxima e por linha de semeadura.

Nos Quadros 17, 18, 19 e Figuras 11, 12 e 13 são apresentados os resultados da demanda de força de tração na barra, expressa por valores de força média, máxima (pico de força) e por linha de semeadura.

Quadro 17. Valores de força média (N) na barra de tração obtidos durante a semeadura.

Tratamento		Média	
Haste	E1	1516	B
	E2	1848	A
E1	P1	747	C
	P2	1511	B
	P3	2291	A
E2	P1	914	C
	P2	1854	B
	P3	2777	A
Disco	E1	844	A
	E2	860	A
Haste		1682	A
Disco		852	B
DMS =	98		
CV(%) =	3,7		

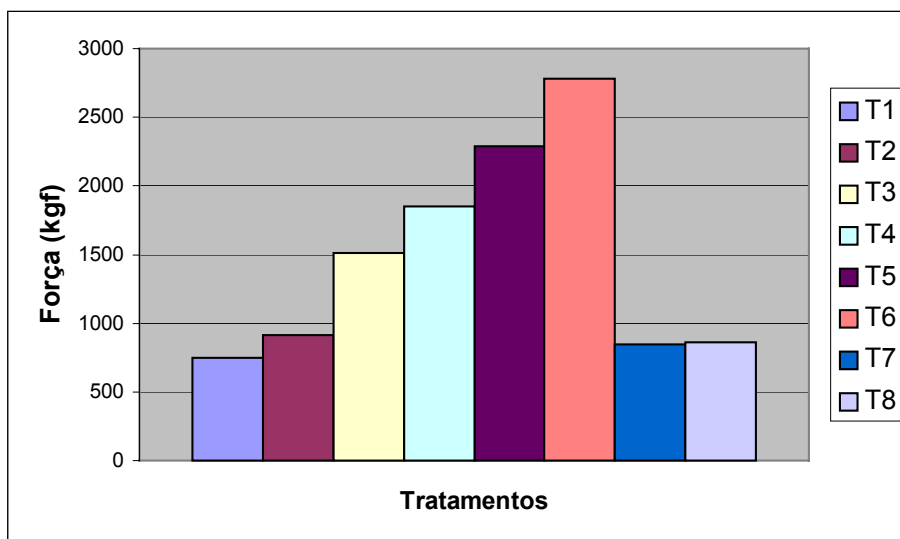


Figura 8. Força média de tração exigida na operação de semeadura.

Quadro 18. Valores de força máxima (N) na barra de tração obtidos durante a semeadura.

Tratamento		Média	
Haste	E1	1741	B
	E2	2116	A
E1	P1	941	C
	P2	1774	B
	P3	2509	A
E2	P1	1189	C
	P2	2107	B
	P3	3053	A
Disco	E1	1045	A
	E2	1060	A
Haste		1636	A
Disco		1053	B
DMS =	141		
CV(%) =	4,6		

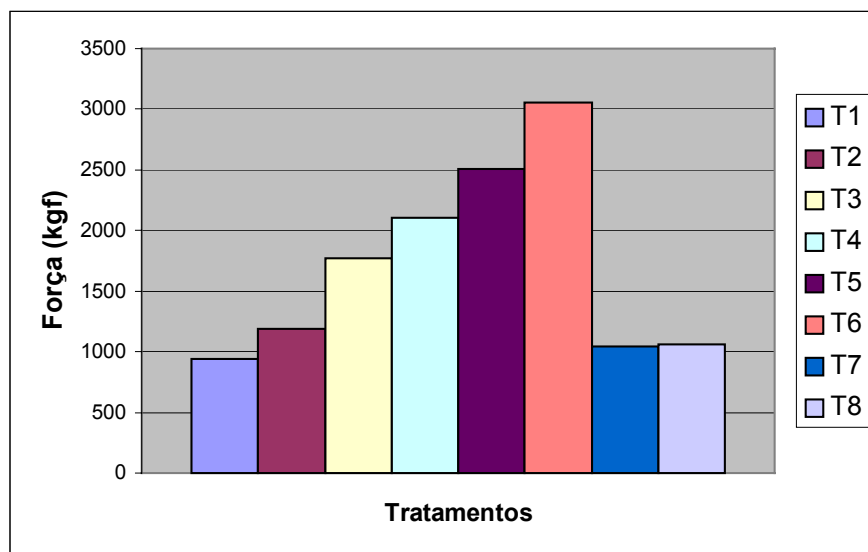


Figura 9. Força máxima exigida pelo conjunto trator – semeadora.

Quadro 19. Valores de força (N) na barra de tração por linha de semeadura.

Tratamento		Média	
Haste	E1	379	A
	E2	308	B
E1	P1	187	C
	P2	378	B
	P3	573	A
E2	P1	152	C
	P2	309	B
	P3	463	A
Disco	E1	211	A
	E2	143	B
Haste		344	A
Disco		177	B
DMS =	21		
CV(%) =	3,9		

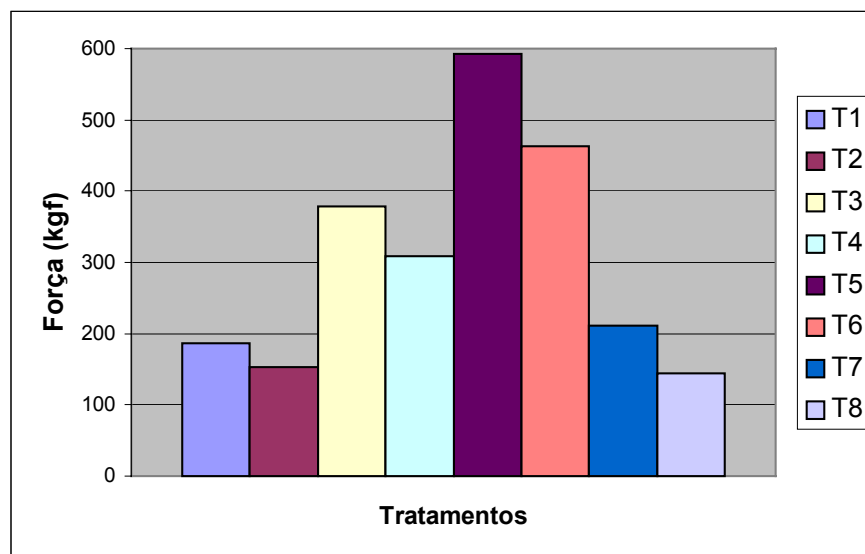


Figura 10. Força média exigida pelo trator por linha de semeadura.

Conforme mostra o Quadro 17, houve diferença significativa do parâmetro força média entre os espaçamentos dentro do mecanismo sulcador tipo haste. Nota-se um aumento de 21,8 % na exigência de força na barra de tração quando foi utilizado o espaçamento de 0,45m (1848 N) comparado ao espaçamento de 0,90m (1516 N). Tal resultado pode ser explicado pelo maior número de unidades de semeadura utilizado no espaçamento de 0,45m (6 unidades).

Observa-se ainda que ocorreu diferença significativa entre as profundidades de trabalho para ambos os espaçamentos estudados. Houve um aumento médio da força de 102% quando a profundidade passou de 0,10m para 0,20m, aumento médio de 50% de 0,20m para 0,30m e quando a profundidade passou de 0,10m para 0,30m, houve um incremento médio de 304% na exigência de força na barra. Isto mostra que a exigência de força média na barra é um parâmetro diretamente ligado a profundidade de trabalho do mecanismo sulcador tipo haste. Para o espaçamento de 0,90m há um acréscimo de aproximadamente 800 N para cada 0,10m de aumento da profundidade de trabalho; já para o espaçamento de 0,45m, o acréscimo é de 1000 N para cada 0,10m de profundidade, ou seja, essa diferença de 200 N, deve-se ao maior número de unidades de semeadura utilizados no espaçamento de 0,45m.

Ainda no Quadro 17, verifica-se que não houve diferença significativa entre os espaçamentos estudados para o mecanismo sulcador tipo disco duplo, fato este que constata novamente que este mecanismo sulcador é pouco influenciado pelo número de unidades de semeadura.

Comparando-se mecanismos sulcadores, verifica-se que houve diferença significativa para o parâmetro força média, com um aumento médio de 97,4% no mecanismo sulcador tipo haste. Este resultado mostra a maior exigência de força requerida pelo mecanismo sulcador tipo haste, projetado para abrir o sulco para deposição de fertilizantes e romper camadas de solo mais adensadas. Ao contrário, o mecanismo sulcador tipo disco duplo, apenas abre o sulco para deposição de fertilizantes.

Observa-se que nos Quadros 18 e 19, que mostram os valores de força máxima de tração (pico de força) e força por linha de semeadura, respectivamente, o comportamento foi semelhante ao discutido anteriormente para o parâmetro força média de tração na barra.

Em média, a força máxima foi aproximadamente 10 % superior à força de tração média requerida na barra, na operação de semeadura de milho. Tal resultado está de acordo com Casão Júnior et al. (2001), que verificaram que esta diferença foi de aproximadamente 10%. Contudo, são relativamente inferiores aos encontrados por Silva (2000b) que encontrou valores entre 20 e 29%.

6.10 Requerimento de potência na barra: média e por linha de semeadura.

Da mesma forma que para a força de tração, optou-se por calcular além da demanda de potência média a potência por linha de semeadura, cujos resultados são apresentados nos Quadros 20, 21 e Figuras 11 e 12..

Quadro 20. Valores de potência média (kW) na barra de tração do trator.

Tratamento		Média	
Haste	E1	16,68	B
	E2	20,43	A
E1	P1	8,71	C
	P2	16,84	B
	P3	24,49	A
E2	P1	11,01	C
	P2	21,30	B
	P3	28,98	A
Disco	E1	10,21	A
	E2	10,60	A
Haste		18,55	A
Disco		10,41	B

DMS = 1,18

CV(%) = 4,0

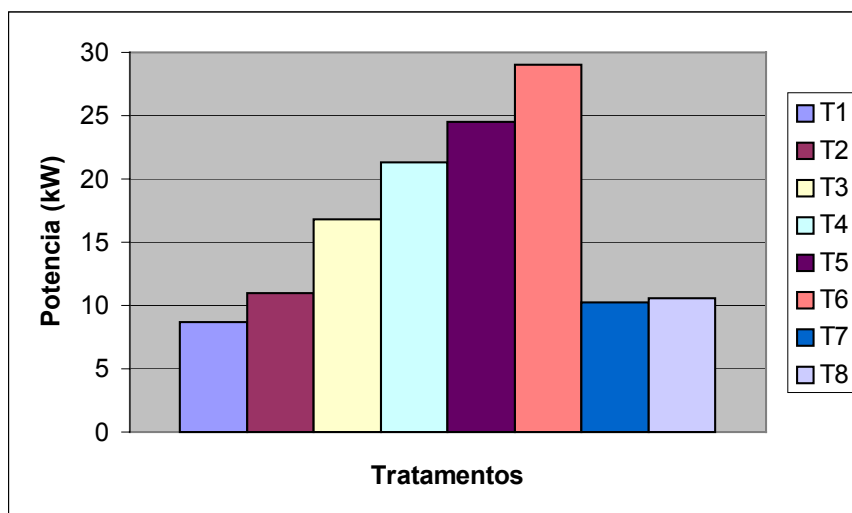


Figura 11. Variação de potência exigida pelo trator na semeadura da cultura do milho.

Quadro 21. Valores de potência na barra de tração por linha de semeadura (kW/linha).

Tratamento		Média	
Haste	E1	4,17	A
	E2	3,41	B
E1	P1	2,18	C
	P2	4,21	B
	P3	6,13	A
E2	P1	1,84	C
	P2	3,55	B
	P3	4,83	A
Disco	E1	2,56	A
	E2	1,77	B
Haste		3,79	A
Disco		2,16	B

DMS = 0,26
CV(%) = 4,2

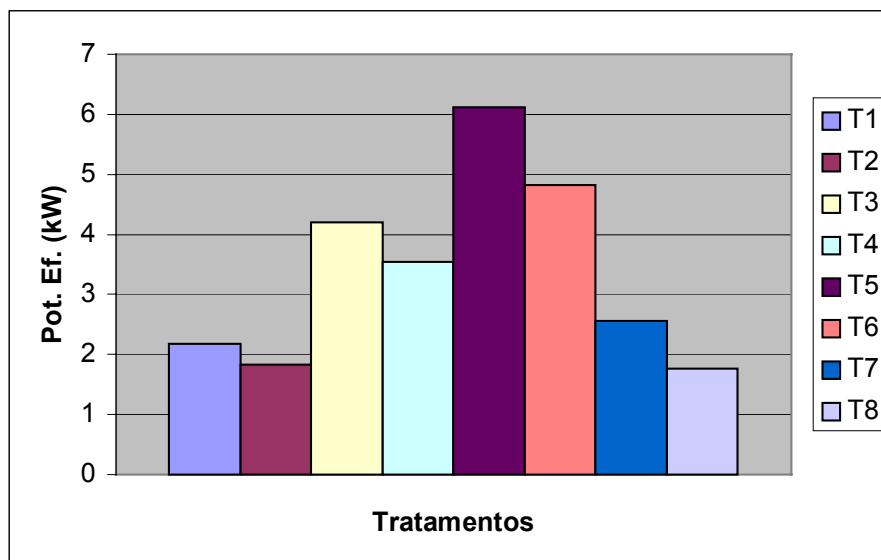


Figura 12. Potencia exigida pelo trator por linha de semeadura.

Observa-se que o comportamento dos fatores profundidade e espaçamento entre fileiras para os parâmetros potência média na barra e potência por linha de

semeadura foi semelhante ao parâmetro de força média de tração na barra. Desta forma, a discussão contida no parâmetro força média de tração na barra, para os mecanismos sulcadores tipo haste e disco duplo, é a mesma também para os parâmetros potência média e potência por linha de semeadura. Ressalta-se apenas que, em média, o mecanismo sulcador tipo disco duplo exigiu 78% a menos de potência em relação à haste sulcadora, ao passo que, por linha de semeadura, esta diferença foi de 75%.

A potência mínima requerida por linha de semeadura foi de 1,77 kW, para o mecanismo sulcador tipo disco duplo no espaçamento entre fileiras de 0,45m, enquanto que a máxima foi de 6,13 kW por linha de semeadura, obtido no mecanismo sulcador tipo haste a 0,30m de profundidade. Tais resultados concordam com Siqueira et al. (2000) os quais mostraram que quanto maior a profundidade de trabalho, maior o valor de potência requerida na barra.

6.11 Consumo horário de combustível

Os resultados de consumo horário de combustível na operação de semeadura da cultura do milho são apresentados no Quadro 22:

Quadro 22. Valores médios de consumo ($L.h^{-1}$) horário de combustível.

Tratamento		Média	
Haste	E1	12,3	B
	E2	13,9	A
E1	P1	10,1	C
	P2	12,4	B
	P3	14,3	A
E2	P1	10,7	C
	P2	13,9	B
	P3	17,2	A
Disco	E1	10,4	A
	E2	10,7	A
Haste		13,1	A
Disco		10,6	B
DMS =		0,85	
CV(%) =		3,8	

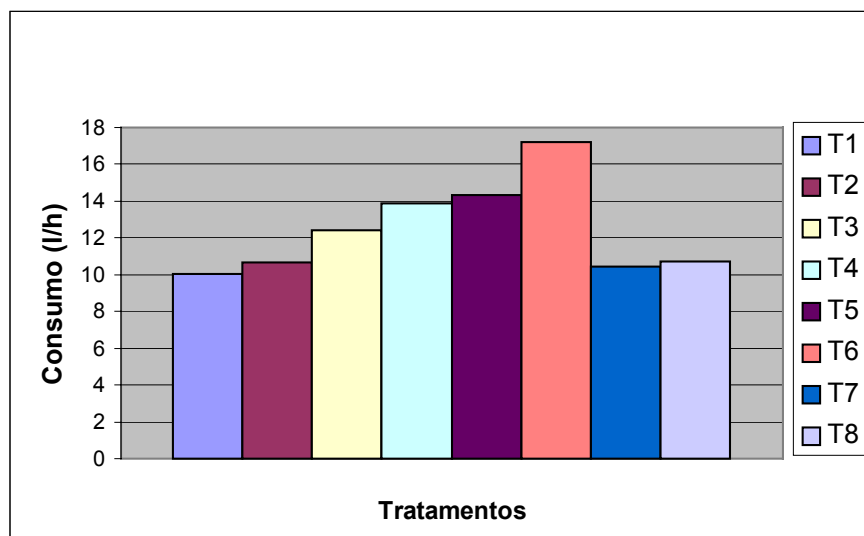


Figura 13. Variação do consumo horário de combustível.

Houve diferença significativa entre os espaçamentos para o mecanismo sulcador tipo haste, sendo que no espaçamento de 0,45m houve um aumento de 13% no consumo horário de combustível, em relação ao espaçamento de 0,90m. Isto se explica devido ao maior número de unidades de semeadura no espaçamento de 0,45m.

Verifica-se no Quadro 22 que houve diferença significativa para o mecanismo sulcador tipo haste, para as profundidades de trabalho em ambos os espaçamentos. Quanto maior a profundidade de trabalho, maior o valor de consumo de combustível. No espaçamento de 0,90m houve um aumento de 42,3% quando se passa da profundidade de trabalho de 0,10m para a profundidade de trabalho de 0,30m. Para o espaçamento entre fileiras de 0,90m houve um aumento de 61,6% quando se passa de 0,10m para 0,30m. Isto pode ser explicado pela maior força de tração e exigência de potência requeridas nas maiores profundidades de trabalho.

Nota-se que não houve diferença significativa para este parâmetro, para os dois espaçamentos entre fileiras no mecanismo sulcador tipo disco duplo.

O Quadro 22 mostra ainda que a semeadora equipada com mecanismo sulcador tipo haste consumiu em média 23% a mais de combustível comparado ao disco duplo. Tal resultado pode estar associado à maior área mobilizada, que conseqüentemente, acarreta maior força de tração e potência.

6.12 Diâmetro do colmo, altura das plantas e altura de inserção da primeira espiga

Nos Quadros 23, 24 e 25 são apresentados os resultados de parâmetros de desenvolvimento da cultura do milho, os quais se referem ao diâmetro do colmo, altura de inserção da primeira espiga e altura das plantas.

Quadro 23. Valores de diâmetro de colmo (cm) das espigas de milho.

Tratamento		Média	
Haste	E1	21,26	A
	E2	22,18	A
E1	P1	20,44	A
	P2	21,43	A
	P3	21,91	A
E2	P1	21,05	A
	P2	22,09	A
	P3	23,41	A
Disco	E1	19,82	A
	E2	21,86	A
Haste		21,72	A
Disco		20,84	A
DMS =	2,7		
CV(%) =	7,1		

Quadro 24. Valores de altura média das plantas de milho (m).

Tratamento		Média	
Haste	E1	1,85	A
	E2	1,86	A
E1	P1	1,87	B
	P2	1,94	A
	P3	1,73	B
E2	P1	1,85	A
	P2	1,93	A
	P3	1,80	A
Disco	E1	1,85	A
	E2	1,85	A
Haste		1,85	A
Disco		1,85	A

DMS = 0,16
CV(%) = 5,0

Quadro 25. Valores de altura de inserção da primeira espiga de milho (m)

Tratamento		Média	
Haste	E1	1,06	A
	E2	1,05	A
E1	P1	1,09	A
	P2	1,12	A
	P3	0,96	B
E2	P1	1,07	A
	P2	1,09	A
	P3	1,00	A
Disco	E1	1,07	A
	E2	1,02	A
Haste		1,06	A
Disco		1,05	A

DMS = 0,15
CV(%) = 8,1

No Quadro 23 verifica-se que não houve diferença significativa entre as variáveis estudadas, sendo que tais variáveis não exercem influência sobre o parâmetro diâmetro de colmo.

Observa-se nos Quadros 24 e 25 que houve diferença significativa para ambos os parâmetros, no espaçamento de 0,90m para o mecanismo sulcador tipo haste. Isto pode ser explicado pela profundidade de deposição de fertilizantes, por ocasião da semeadura; porém este parâmetro não foi determinado.

6.13 Produtividade de grãos

Os resultados de produtividade de grãos de milho são apresentados no Quadro 26.

Quadro 26. Valores de produtividade média ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) da cultura do milho..

Tratamento		Média	
HASTE	E1	7167	A
	E2	7344	A

E1	P1	6829	A
	P2	7547	A
	P3	7125	A

E2	P1	7559	A
	P2	7548	A
	P3	6925	A

DISCO	E1	6484	A
	E2	7841	A
HASTE		7255	A
DISCO		7162	A
DMS =		1738	
CV(%) =		13,5	

Nota-se no Quadro 26 que não houve diferença significativa para o parâmetro produtividade em relação as variáveis estudadas. Apesar de não ter havido diferença significativa quando se compara o mecanismo sulcador tipo disco duplo, nos dois

espaçamentos entre fileiras, há um incremento de 21 % na produtividade no espaçamento entre fileiras de 0,45m. Resultados semelhantes foram encontrados por Mello & Takahashi (2000) e Mello et al. (2002).

6.14 Considerações finais

O mecanismo sulcador tipo haste deixa uma menor porcentagem de cobertura vegetal sobre o solo, em relação ao disco duplo.

O mecanismo sulcador tipo haste pode ser utilizado em solos argilosos para romper a camada superficial compactada.

Os melhores resultados em relação à força na barra de tração, potência na barra de tração, consumo de combustível e capacidade de campo efetiva; foram obtidos com o mecanismo sulcador tipo disco duplo, sendo aconselhado o seu uso nas condições de solo não compactado.

Trabalhos futuros podem ser realizados visando a substituição da operação de escarificação pela semeadura com mecanismo sulcador tipo haste, na profundidade de rompimento da camada compactada, a qual tenha sido detectada anteriormente.

7 CONCLUSÕES:

Houve diferença significativa entre os mecanismos sulcadores estudados para os parâmetros: força de tração na barra, potência requerida na barra de tração, área de solo mobilizada, consumo horário de combustível e capacidade de campo efetiva; sendo que houve menor demanda energética quando usado o mecanismo sulcador tipo disco duplo.

Não houve diferença significativa entre os mecanismos sulcadores tipo haste e disco duplo em relação à produtividade de grãos da cultura do milho.

Quando utilizado o mecanismo sulcador tipo disco duplo, deve-se optar pelo espaçamento entre fileiras de 0,45m, já quando utilizado o mecanismo sulcador tipo haste, o espaçamento entre fileiras recomendado é o de 0,90m.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AGRIANUAL: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP – Consultoria & Comércio, 2002.

ALMEIDA, R.A. **Avaliação de desempenho de uma semeadora-adubadora a tração animal, com diferentes sistemas de sulcadores, regulagens de disco de corte e coberturas mortas, no plantio direto do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*)**. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1999.

ALVARENGA, R.C., CABEZAS, W.A.L., CRUZ, J.C., SANTANA, D.P. Plantas para cobertura de solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, n.208, p.25-36, 2001.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Terminology for soil-engaging components for conservation tillage planters, drills and seeders. In: **ASAE standards 1996: standards engineering practices data**. San Joseph, 1996. p.309-314.

ARAÚJO, A.G. et al. Mobilização de solo e emergência de plantas na semeadura direta de soja e milho em solos argilosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, A.G., CASÃO JÚNIOR, R., SIQUEIRA, R. Mecanização do plantio direto: problemas e soluções. **IAPAR, Informe da Pesquisa**, Londrina, n.137, 1-18 p, 2001.

ARGENTA, G. et al. Resposta de híbridos simples de milho à redução de espaçamento entre linhas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia. **Resumos...** Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2000. p.111.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de norma 04.015.006-004**: semeadora de precisão – ensaio de laboratório – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994. 7p.

BENEZ, S.H. **Estudo do cultivo mínimo na cultura do milho (Zea mays L.) em solo Podzólico Vermelho Amarelo var. Laras.** 99f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972

BENEZ, S.H. Racionalização do uso de máquinas em sistema de plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 8, 2002, Águas de Lindóia. **Resumos...** Águas de Lindóia: Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha, p.121-124.

CASÃO JUNIOR, R., SIQUEIRA, R., ARAÚJO, A.G. Dinâmica de semeadoras-adubadoras de plantio direto (Parte II). **Plantio Direto**, n.65, p.21-27, 2001.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A.G.; RALISCH, R. Desempenho da semeadora-adubadora Magnum 2850 em plantio direto no basalto paranaense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.35, n.3, p.470-479, 2000.

CASÃO JUNIOR, R., PALLEROSI, C.A., PORTELLA, J.A. Dispositivo pneumático para Redução de erros de dosagem e deposição de sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997, 5p.

CEPIK, C.T.C. et al. Relação entre força de tração na haste sulcadora de semeadora-adubadora e a área de solo mobilizada em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2002a, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. 1CD-ROM.

CEPIK, C.T.C. et al. Patinagem do trator e força de tração de haste sulcadora de semeadora-adubadora de precisão em função de teores de água no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002b, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002b. 1CD-ROM.

CHAILA, S. Metodos de evaluacion de malezas para estudios de poblacion y control. **Malezas**, v.14, n.2, p.1-78, 1986.

COELHO, J.L.D. **Avaliação de elementos sulcadores para semeadoras-adubadoras utilizados em sistemas conservacionista de manejo de solo.** 1998. 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

DALLMEYER, A.U. Opções na semeadura. **Cultivar Máquinas**, v.1, n.2, p.6-9, 2001.

DERPSCH, R., ROTH, C.H., SIDIRAS, N., KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil:** sistemas de cobertura de solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1991. 267p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EMBRAPA. Recomendações técnicas para a cultura do milho. Brasília, 1993. p.204.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. s.p.

FANCELLI, A. L. Cultura do milho é fundamental na estabilidade do sistema de plantio direto. **Rev. Plantio Direto**, n.67, p.10-12, 2002.

FEY, E. et al. Desempenho de mecanismos sulcadores utilizados para a semeadura sob a palha em solo de textura argilosa com três teores de água. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 2., 2000, Botucatu. **Anais** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 2000. p.458-467.

FURLANI, C.E.A.; GAMERO, C.A.; LEVIEN, R. Semeadora-adubadora de fluxo contínuo: desempenho operacional em função de diferentes condições de preparo e coberturas do solo. **Eng. Agric.**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.60-67, 2002.

GOEDERT, W.J.; SCHERMACK, M. J.; FREITAS, F.C. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.2, p.223-227, fev 2002.

HERNANI, L.C., SALTON, J.C. Manejo e conservação de solos. In: EMBRAPA. **Milho: Informações Técnicas**. Dourados, 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**, v.25, p.395-8, 1995.

LAFLEN, J.M., AMEMYIA, A., HINTZ, E.A. Measuring crop residue cover. **Soil Water Conserv.**, v.36, p.341-343, 1981.

LANDERS, J.N. Fascículo de experiência de plantio direto no cerrado. Goiânia: Associação do Plantio Direto no Cerrado, 1995, 261 p.

LAZZAROTO, C. et al. Épocas de semeadura e zoneamento agrícola. In: EMBRAPA. **Milho: Informações Técnicas**. Dourados, 1997. p.86-100.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, New York, v.1, p.277-294, 1985.

LEVIEN, R. **Condições de cobertura e métodos de preparo do solo para implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1999. 305f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 1999.

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

MACHADO, A.L.T. et al. **Máquinas para preparo de solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1996. p.107-162.

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.

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.

MELO FILHO, G.A., RICETTI, A. Aspectos socioeconômicos da cultura do milho. In: EMBRAPA. **Milho**: Informações Técnicas. Dourados, 1997. p. 13-38.

MOLIN, R. Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura do milho. **Rev. Batavo**, 2000, p.33.

MUDSTOCK, C.M. Efeitos do espaçamento entre linhas e de população de plantas em milho (*Zea mays* L.) do tipo precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.13, n.1, p.13-8, 1978.

OLIVEIRA, M.F.B., SIQUEIRA, R., RALISCH, R., ARAÚJO, A.G., CASÃO JUNIOR, R. Mobilização do solo por hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1 CD-ROM.

OSMERZI, A. Seed distribution performance of the furrow openers used on drill machines. **Agriculture Mechanization in Asia**, Afr. Latin Am., v.17, n.2, p.32-34, 1986.

PEREIRA, J.O.; BENEZ, S.H.; SILVA, S.L.; RICIERI, R.P. Efeito do teor de água e da pressão aplicada na compactação do solo, **Eng. Agríc.**, v.22, n.2, p.220-228, 2002.

PINAZZA, L.A. Perspectivas da cultura do milho e do sorgo no Brasil. In: BULL, L.T., CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1993. p.1-10.

PORTELLA, J.A., SATLER, A., FAGANELLO, A. Índice de emergência de plântulas de soja e milho em semeadura direta no sul do Brasil. **Eng. Agríc.**, v. 17, n.2, p. 71-78, 1997.

ROSOLEM, C.A. et al. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.5, p.821-828, 1999.

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F. Influência da redução do espaçamento entre linhas no rendimento do milho em regiões de verões curtos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, p.861-69, 2001.

SANTOS, C.A. **Projeto e construção de um penetrômetro hidráulico-eletrônico.**, 1998. 105f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 1998.

SATO, R.H. **Desempenho de semeadoras-adubadoras no plantio direto das culturas de milho e do feijoeiro.** 2002. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2002

SATURNINO, H.M. Evolução do plantio direto e as perspectivas no cerrado. **Informe Agropecuário.**, v.22, n.208, p.5-12, 2001.

SCHLOSSER, J.F., BERTOL, O.J., BERTOL, I., LAVORANTI, O.J. Desempenho de três mecanismos sulcadores de semeadura na presença de diferentes culturas destinadas à cobertura de inverno. **Eng. Agríc.**, v.19, n.1, p.64-70, 1999

SILVA, A.R.B. **Comportamento de variedades/híbridos de milho (Zea mays L) em diferentes tipos de preparo de solo.** 2000a. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. . Botucatu, 2000 a.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. Plantio direto no cerrado. In: PEIXOTO, R.T.G., AHRENS, D.C., SAMAHA, M.J. (Ed.) **Plantio Direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1997. p.158-184.

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, jan.2000.

SILVA, S.L. **Avaliação de semeadoras para plantio direto: demanda energética, distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes em diferentes velocidades de deslocamento..** 123f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2000 b.

SIQUEIRA, R., CASÃO JUNIOR, R., ARAÚJO, A.G. Ângulo ideal. **Revista Cultivar Máquinas**. n. 13, p.30-32, 2002

SIQUEIRA, R., OLIVEIRA, M.F.B., CASÃO JÚNIOR, R., RALISCH, R., ARAÚJO, A.G. Demanda energética do solo por hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio Direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1 CD-ROM.

SIQUEIRA, R. **Sistemas de preparo em diferentes tipos de cobertura de solo..** 191f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 1999.

TESSIER, S. et al. No till seeders effects on seed zone properties and wheat emergence. **Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.)**, v.34, p.729-733, 1991b.

TESSIER, S. et al. Roghness meter to measure seed row geometry and soil disturbance. **Trans. Am. Soc. Agric. Eng.**, v.32, p.1871-1873, 1989.

WILKINS, D.E., MUILENBURG, G.A., ALLMARAS, R.R. Grain-drill opener effects wheat emergence. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.26, n.3, p.651-656, 1983.

APÊNDICE

Abreviaturas utilizadas no apêndice:

P1: profundidade de trabalho da haste de 0,10m

P2: profundidade de trabalho da haste de 0,20m

P3: profundidade de trabalho da haste de 0,30m

E1: espaçamento entre fileiras de 0,90m

E2: espaçamento entre fileiras de 0,45m

FV: fator de variância

GL: graus de liberdade

QM: quadrado médio

Apêndice 1. Valores de temperatura média do ar e nível de precipitação mensal no período de condução do experimento.

Mês/ano	Temperatura média do ar (°C)	Precipitação mensal (mm)
Agosto/01	17,6	73,7
Setembro/01	18,4	127,9
Outubro/01	23,2	20,3
Novembro/01	21,4	191,9
Dezembro/01	22,2	186,8
Janeiro/02	23,6	322,2
Fevereiro/02	23,9	278,2
Março/02	23,3	156,6
Abril/02	22,7	24,9
Mai/02	17,6	91,0
Junho/02	18,6	12,8
Julho/02	15,3	55,0
Agosto/02	17,6	73,7

Fonte: Departamento de Ciências Ambientais / Fazenda Experimental Lageado.

Apêndice 1. Teor de água no solo (g.kg^{-1}) na semeadura da cultura do milho.

Camada (cm)	R1	R2	R3	R4	Média
0-10	29,40	27,17	27,00	26,74	27,58
10-20	29,16	29,37	28,72	26,40	28,41
20-30	18,74	29,71	31,49	29,36	27,33
30-40	30,63	28,46	27,52	27,95	28,64

Apêndice 2. Densidade do solo (g.cm^{-3}) na camada de 0-15 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	1,63	1,57	1,61	1,56	1,59
2	1,65	1,62	1,62	1,50	1,60
3	1,53	1,63	1,63	1,57	1,59
4	1,51	1,57	1,59	1,65	1,58
5	1,64	1,57	1,61	1,66	1,62
6	1,48	1,52	1,63	1,42	1,51
7	1,32	1,60	1,65	1,60	1,54
8	1,46	1,67	1,52	1,52	1,54

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	0,0084	ns
P1, P2 e P3 dentro E1		2	0,0018	ns
P1, P2 e P3 dentro E2		2	0,0091	ns
E1 e E2 para DISCO		1	0,00001	ns
HASTE X DISCO		1	0,0094	ns
Blocos		3	0,01028	ns
Resíduo		21	0,0058	

Apêndice 3. Densidade do solo (g.cm^{-3}) na camada de 15-30 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	1,61	1,59	1,59	1,50	1,57
2	1,62	1,47	1,56	1,52	1,54
3	1,34	1,42	1,57	1,44	1,44
4	1,46	1,64	1,57	1,50	1,54
5	1,68	1,49	1,54	1,55	1,57
6	1,41	1,53	1,57	1,38	1,47
7	1,43	1,64	1,44	1,62	1,53
8	1,53	1,58	1,56	1,63	1,58

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	0,00033	ns
P1, P2 e P3 dentro E1		2	0,03001	ns
P1, P2 e P3 dentro E2		2	0,0098	ns
E1 e E2 para DISCO		1	0,00361	ns
HASTE X DISCO		1	0,0057	ns
Blocos		3	0,00315	ns
Resíduo		21	0,00688	

Apêndice 4. Resistência do solo à penetração (MPa) na camada de 0-10 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	376,4	660,8	784,3	491,7	578,3
2	669,0	383,8	687,3	318,7	514,7
3	679,8	331,5	721,2	576,6	577,3
4	447,0	512,1	415,7	139,5	378,6
5	86,5	605,2	306,5	574,6	393,2
6	709,3	400,8	380,4	656,1	536,7
7	494,5	444,9	529,1	522,3	497,7
8	678,2	443,6	681,8	552,9	589,1

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	9416	ns
P1, P2 e P3 dentro E1		2	67767	ns
P1, P2 e P3 dentro E2		2	49975	ns
E1 e E2 para DISCO		1	16717	ns
HASTE X DISCO		1	13232	ns
Blocos		3	13927	ns
Resíduo		21	30825	

Apêndice 5. Resistência do solo à penetração (MPa) na camada de 10-20 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	954,1	1083,1	980,1	1336,9	1088,6
2	1233,9	1440,1	1308,4	749,1	1182,9
3	1079,7	857,0	1257,5	1323,4	1129,4
4	751,2	1476,8	966,3	789,1	995,9
5	218,9	1080,4	1317,3	1231,7	962,1
6	1419,8	1478,8	1305,7	1338,3	1385,7
7	1275,9	1191,9	800,0	1245,3	1128,3
8	1207,7	936,4	1108,2	1321,3	1143,4

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	98483	ns
P1, P2 e P3 dentro E1		2	55995	ns
P1, P2 e P3 dentro E2		2	303888	ns
E1 e E2 para DISCO		1	457,53	ns
HASTE X DISCO		1	831,31	ns
Blocos		3	47798	ns
Resíduo		21	80818	

Apêndice 6. Resistência do solo à penetração (MPa) na camada de 20-30 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	844,3	876,0	873,3	1296,9	972,6
2	1001,0	954,7	890,3	816,9	915,7
3	1412,3	898,6	780,0	875,3	991,6
4	695,5	999,1	851,6	990,7	884,2
5	859,1	899,8	1092,3	1059,3	977,6
6	873,8	1102,8	979,2	820,3	944,0
7	1300,6	1474,8	838,9	850,6	1116,2
8	1006,3	725,7	728,5	978,5	972,6

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	26089	ns
P1, P2 e P3 dentro E1		2	387,81	ns
P1, P2 e P3 dentro E2		2	7152	ns
E1 e E2 para DISCO		1	131558	ns
HASTE X DISCO		1	9772	ns
Blocos		3	24045	ns
Resíduo		21	40974	

Apêndice 7. Resistência do solo à penetração (MPa) na camada de 30-40 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	836,7	878,7	769,4	970,1	863,7
2	788,5	788,5	724,8	728,5	757,6
3	1617,4	1356,0	667,6	498,6	1034,9
4	734,0	903,9	830,5	741,6	802,5
5	901,9	790,0	891,6	774,9	839,6
6	863,1	1091,2	757,2	738,9	862,6
7	815,0	1414,3	760,6	1008,4	999,6
8	1453,0	1060,6	726,7	717,8	989,5

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	66381	ns
P1, P2 e P3 dentro E1		2	76284	ns
P1, P2 e P3 dentro E2		2	7224	ns
E1 e E2 para DISCO		1	202	ns
HASTE X DISCO		1	108380	ns
Blocos		3	167081	ns
Resíduo		21	53623	

Apêndice 8. Resistência do solo à penetração (MPa) na camada abaixo dos 40 cm.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	672,4	865,1	536,6	927,6	750,4
2	652,5	1772,1	753,8	660,6	959,8
3	885,5	1104,1	520,3	445,6	738,9
4	334,3	688,7	677,8	536,8	559,4
5	501,3	673,2	700,9	609,8	621,3
6	730,3	943,0	677,8	533,8	721,2
7	600,0	1087,8	531,2	695,0	728,5
8	878,6	971,0	455,1	808,1	778,2

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	11227	ns
P1, P2 e P3 dentro E1		2	27647	ns
P1, P2 e P3 dentro E2		2	52374	ns
E1 e E2 para DISCO		1	4940	ns
HASTE X DISCO		1	4767	ns
Blocos		3	284677	ns
Resíduo		21	45103	

Apêndice 9. Matéria seca vegetal (kg.ha⁻¹).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	2840	6184	5464	4156	4661
2	3560	5220	4960	3960	4425
3	4340	3436	4092	9700	5392
4	9008	6316	5104	3924	6088
5	5144	5376	6420	7460	6100
6	5188	4072	6256	6360	5469
7	4860	6360	3500	3740	4615
8	5880	5572	4644	4504	5150

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	19494	ns
P1, P2 e P3 dentro E1		2	1002528	ns
P1, P2 e P3 dentro E2		2	766322	ns
E1 e E2 para DISCO		1	572450	ns
HASTE X DISCO		1	1344266	ns
Blocos		3	305321	ns
Resíduo		21	2868826	

Apêndice 10. Velocidade de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora na semeadura do milho (km.h⁻¹).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	4,50	4,24	4,19	4,19	4,28
2	4,34	4,29	4,50	4,56	4,42
3	4,09	4,29	3,79	4,19	4,09
4	4,29	4,24	4,09	4,24	4,22
5	4,09	4,04	3,87	3,71	3,93
6	3,75	4,00	3,75	3,83	3,83
7	4,74	4,19	4,44	4,39	4,44
8	4,62	4,39	4,56	4,51	4,52

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	2,733	*
P1, P2 e P3 dentro E1		2	4,5325	*
P1, P2 e P3 dentro E2		2	0,9025	ns
E1 e E2 para DISCO		1	4,805	*
HASTE X DISCO		1	12,3984	*
Blocos		3	0,0661	ns
Resíduo		21	0,4025	

Apêndice 11. Profundidade de semeadura (cm).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	5,9	5,0	5,3	5,5	5,43
2	6,0	6,0	5,9	5,2	5,78
3	6,7	6,6	5,7	6,5	6,38
4	6,3	6,0	6,5	6,2	6,25
5	8,0	6,9	7,6	7,7	7,55
6	5,0	5,9	4,0	6,3	5,30
7	6,1	4,7	6,2	4,8	5,45
8	3,0	4,2	4,5	3,9	3,90

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	0,0198	ns
P1, P2 e P3 dentro E1		2	0,1245	*
P1, P2 e P3 dentro E2		2	0,3583	*
E1 e E2 para DISCO		1	0,0128	ns
HASTE X DISCO		1	0,7437	*
Blocos		3	0,0325	ns
Resíduo		21	0,0235	

Apêndice 12. Área de solo mobilizado por linha de semeadura (cm²).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	74,61	102,41	100,69	75,09	88,20
2	86,64	110,24	95,47	80,35	93,18
3	207,79	227,2	216,64	212,43	216,02
4	166,47	141,49	164,21	165,73	159,48
5	236,99	308,77	279,56	245,18	267,63
6	253,09	208,05	227,58	235,05	230,94
7	56,53	70,73	68,4	50,85	61,63
8	49,31	62,2	59,23	62,05	58,20

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	5191	*
P1, P2 e P3 dentro E1		2	34129	*
P1, P2 e P3 dentro E2		2	18988	*
E1 e E2 para DISCO		1	23,52	ns
HASTE X DISCO		1	80726	*
Blocos		3	363,62	ns
Resíduo		21	260,45	

Apêndice 13. Percentagem (%) de manutenção de cobertura vegetal no solo.

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	82,4	81,6	76,0	87,0	81,7
2	88,9	65,8	82,6	73,5	77,7
3	68,6	64,3	76,6	71,7	70,3
4	68,7	54,8	57,7	66,1	61,8
5	72,0	70,6	75,5	74,1	73,0
6	55,3	53,2	69,0	58,7	59,1
7	71,7	91,0	92,1	86,2	85,3
8	84,4	71,7	77,6	93,6	81,8

	FV	GL	QM
E1 e E2 para HASTES		1	469,05 *
P1, P2 e P3 dentro E1		2	15,125 ns
P1, P2 e P3 dentro E2		2	15,401 ns
E1 e E2 para DISCO		1	23,461 ns
HASTE X DISCO		1	1002,33 *
Blocos		3	87,498 ns
Resíduo		21	48,165

Apêndice 14. Capacidade de campo efetiva do conjunto trator/semeadora-adubadora (ha.h⁻¹).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	1,6	1,5	1,5	1,5	1,53
2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,20
3	1,5	1,5	1,4	1,5	1,48
4	1,2	1,1	1,1	1,1	1,13
5	1,5	1,5	1,4	1,3	1,43
6	1,0	1,1	1,0	1,0	1,03
7	1,7	1,5	1,6	1,6	1,6
8	1,7	1,6	1,6	1,6	1,63

	FV	GL	QM
E1 e E2 para HASTES		1	0,7705 *
P1, P2 e P3 dentro E1		2	0,01 *
P1, P2 e P3 dentro E2		2	0,0308 *
E1 e E2 para DISCO		1	0,0012 ns
HASTE X DISCO		1	0,6017 *
Blocos		3	0,01 *
Resíduo		21	0,0026

Apêndice 15. Força média de tração na barra (N).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	720,38	755,87	786,63	726,16	747,26
2	878,45	932,56	912,39	932,70	914,03
3	1426,85	1514,63	1550,72	1554,94	1511,79
4	1923,97	1861,48	1796,22	1835,08	1854,19
5	2262,75	2222,87	2271,42	2410,45	2291,87
6	2768,40	2685,50	2878,08	2777,33	2777,33
7	862,93	859,16	789,4	864,8	844,07
8	870,05	883,02	829,46	860,84	860,84

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	659515	*
P1, P2 e P3 dentro E1		2	4771817	*
P1, P2 e P3 dentro E2		2	6943985	*
E1 e E2 para DISCO		1	562	ns
HASTE X DISCO		1	4136243	*
Blocos		3	5147	ns
Resíduo		21	63167	

Apêndice 16. Força média de tração por linha de semeadura (N).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	180,10	188,97	196,66	181,54	186,81
2	146,41	155,43	152,07	155,45	152,34
3	356,71	378,66	387,68	388,74	377,94
4	320,66	310,25	299,37	305,85	309,03
5	565,69	555,72	567,86	602,61	592,97
6	461,40	447,58	479,68	462,89	462,89
7	215,73	214,79	197,35	216,20	211,02
8	145,01	147,17	138,24	143,47	143,47

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	30381	*
P1, P2 e P3 dentro E1		2	76067	*
P1, P2 e P3 dentro E2		2	47342	*
E1 e E2 para DISCO		1	9124	*
HASTE X DISCO		1	166175	*
Blocos		3	106,745	ns
Resíduo		21	137,088	

Apêndice 17. Força máxima de tração por linha de semeadura (N).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	891	914	1000	960	941
2	1196	1093	1157	1313	1189
3	1634	1689	1846	1927	1774
4	2171	2232	1976	2051	2107
5	2467	2447	2495	2628	2509
6	3040	2989	3130	3053	3053
7	997	1057	1053	1075	1045
8	1057	1023	1103	1059	1060

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	844875	*
P1, P2 e P3 dentro E1		2	2461792	*
P1, P2 e P3 dentro E2		2	3471957	*
E1 e E2 para DISCO		1	450	ns
HASTE X DISCO		1	4605570	*
Blocos		3	10942	ns
Resíduo		21	6292	

Apêndice 18. Potência média na barra de tração (kW).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	8,83	8,73	8,98	8,29	8,71
2	10,38	10,90	11,18	11,59	11,01
3	15,90	17,70	16,01	17,75	16,84
4	22,48	21,50	20,01	21,19	21,30
5	25,21	24,46	23,94	24,36	24,49
6	28,28	29,26	29,40	28,97	28,98
7	11,14	9,81	9,55	10,34	10,21
8	10,95	10,56	10,30	10,58	10,60

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	84,3	*
P1, P2 e P3 dentro E1		2	249,24	*
P1, P2 e P3 dentro E2		2	324,99	*
E1 e E2 para DISCO		1	0,3	ns
HASTE X DISCO		1	398,57	*
Blocos		3	0,425	ns
Resíduo		21	0,4422	

Apêndice 19. Potência média por linha de semeadura (kW).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	2,21	2,18	2,24	2,07	2,18
2	1,73	1,82	1,86	1,93	1,84
3	3,97	4,42	4,00	4,44	4,21
4	3,75	3,58	3,34	3,53	3,55
5	6,30	6,12	5,99	6,09	6,13
6	4,71	4,88	4,90	4,83	4,83
7	2,79	2,45	2,39	2,59	2,56
8	1,82	1,76	1,72	1,76	1,77

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	3,5037	*
P1, P2 e P3 dentro E1		2	7,3536	*
P1, P2 e P3 dentro E2		2	3,2768	*
E1 e E2 para DISCO		1	1,2482	*
HASTE X DISCO		1	15,8844	*
Blocos		3	0,0202	ns
Resíduo		21	0,0205	

Apêndice 20. Consumo horário de combustível (L.h⁻¹).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	10,35	10,38	9,84	9,63	10,05
2	10,63	10,50	11,03	10,48	10,66
3	11,45	12,86	12,51	12,77	12,40
4	14,76	13,76	13,30	13,76	13,90
5	14,52	14,16	13,74	14,85	14,31
6	17,25	17,20	17,25	17,23	17,23
7	10,89	9,63	10,67	10,54	10,43
8	11,31	10,54	10,25	10,69	10,70

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	16,817	*
P1, P2 e P3 dentro E1		2	18,271	*
P1, P2 e P3 dentro E2		2	43,201	*
E1 e E2 para DISCO		1	0,1404	ns
HASTE X DISCO		1	38,316	*
Blocos		3	0,1614	ns
Resíduo		21	4,738	

Apêndice 21. Diâmetro do colmo de plantas de milho (cm).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	18,71	23,77	20,71	18,60	20,45
2	21,28	21,20	20,61	21,13	21,06
3	20,35	19,29	22,59	23,49	21,43
4	23,06	22,80	21,31	21,19	22,09
5	21,00	23,04	21,28	22,33	21,91
6	24,83	22,25	23,52	23,05	23,41
7	21,47	21,03	18,33	18,46	19,82
8	23,91	20,96	21,11	21,46	21,86

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	5,106	ns
P1, P2 e P3 dentro E1		2	0,4656	ns
P1, P2 e P3 dentro E2		2	3,498	ns
E1 e E2 para DISCO		1	8,3028	ns
HASTE X DISCO		1	4,6816	ns
Blocos		3	0,999	ns
Resíduo		21	2,3423	

Apêndice 22. Altura de inserção da primeira espiga de plantas de milho (m).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	1,14	1,02	1,16	1,04	1,09
2	1,21	1,04	0,99	1,05	1,07
3	1,00	1,03	1,21	1,26	1,12
4	1,21	1,13	1,04	1,01	1,10
5	0,98	0,97	0,99	0,90	0,96
6	1,12	0,90	1,03	0,96	1,00
7	1,13	1,15	0,95	1,05	1,07
8	1,03	1,03	0,99	1,06	1,03

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	0,000004	ns
P1, P2 e P3 dentro E1		2	0,05445	*
P1, P2 e P3 dentro E2		2	0,01805	ns
E1 e E2 para DISCO		1	0,00361	ns
HASTE X DISCO		1	0,0005	ns
Blocos		3	0,00798	ns
Resíduo		21	0,00723	

Apêndice 23. Altura das plantas de milho (m).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	1,82	1,78	2,02	1,88	1,87
2	1,87	1,86	1,82	1,88	1,86
3	1,86	1,86	1,99	2,07	1,94
4	2,05	1,98	1,85	1,84	1,93
5	1,79	1,75	1,73	1,65	1,73
6	1,92	1,65	1,85	1,78	1,80
7	1,97	1,93	1,71	1,80	1,85
8	1,90	1,88	1,80	1,85	1,86

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	0,0009	ns
P1, P2 e P3 dentro E1		2	0,0924	*
P1, P2 e P3 dentro E2		2	0,0338	ns
E1 e E2 para DISCO		1	0,00005	ns
HASTE X DISCO		1	0,000006	ns
Blocos		3	0,0062	ns
Resíduo		21	0,0085	

Apêndice 24. Produtividade de grãos de milho (kg.ha⁻¹).

Tratamento	R1	R2	R3	R4	Média
1	7099	7935	6656	5626	6829
2	7887	6676	8061	7613	7559
3	6396	7967	6873	8954	7547
4	8081	7705	7456	6952	7548
5	8213	6253	7256	6781	7125
6	5992	5612	7685	8412	6925
7	6722	6302	5626	7288	6484
8	6629	8949	8213	7576	7841

	FV	GL	QM	
E1 e E2 para HASTES		1	187797	ns
P1, P2 e P3 dentro E1		2	521450	ns
P1, P2 e P3 dentro E2		2	527008	ns
E1 e E2 para DISCO		1	3684255	ns
HASTE X DISCO		1	51615	ns
Blocos		3	113413	ns
Resíduo		21	953484	