

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

**DESEMPENHO OPERACIONAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS NA
IMPLANTAÇÃO DA CULTURA DO SORGO FORRAGEIRO**

JOSÉ GUILHERME LANÇA RODRIGUES

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU-SP

Dezembro - 2009

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

**DESEMPENHO OPERACIONAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS NA
IMPLANTAÇÃO DA CULTURA DO SORGO FORRAGEIRO**

JOSÉ GUILHERME LANÇA RODRIGUES

Orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio Gamero

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU-SP

Dezembro - 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

R696d Rodrigues, José Guilherme Lança, 1981-
Desempenho operacional de máquinas agrícolas na implantação da cultura do sorgo forrageiro / José Guilherme Lança Rodrigues. - Botucatu, [s.n.], 2009.
xii, 94 f. : il., color., gráfs, tabs.

Tese(Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009
Orientador: Carlos Antonio Gemero
Inclui bibliografia

1. Sorgo forrageiro. 2. Manejo de solo. 3. Demanda energética. 4. Velocidade de semeadura. I. Gemero, Carlos Antonio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"(Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "DESEMPENHO OPERACIONAL DE MÁQUINAS NA IMPLANTAÇÃO DA
CULTURA DE SORGO FORRAGEIRO"**


ALUNO: JOSÉ GUILHERME LANÇA RODRIGUES

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ANTONIO GAMERO

Aprovado pela Comissão Examinadora



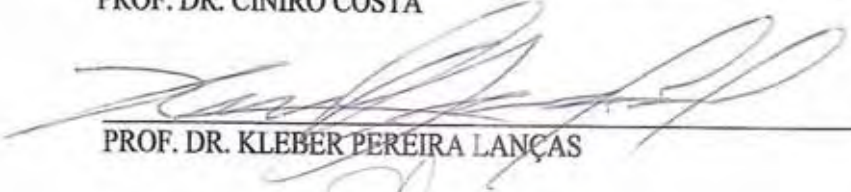
PROF. DR. CARLOS ANTONIO GAMERO



PROF. DR. SILVIO JOSÉ BICUDO



PROF. DR. CINIRO COSTA



PROF. DR. KLEBER PEREIRA LANÇAS



PROF. DR. WAGNER DOS REIS

DEDICO

Aos meus pais, Frederico e Luciana, às minhas avós, materna - Maria do Carmo, paterna - Diva, ao meu avô materno, Luiz (*in memoriam*) e à minha futura esposa Donna, que nunca mediram esforços, para me proporcionar o essencial: Educação e Felicidade.

À família...

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho que me acolheu fornecendo condições favoráveis para o desenvolvimento deste trabalho.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamentos de Pessoal de Nível Superior - CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, pelo auxílio no financiamento dos meus estudos, sem o qual não seria possível realizar este trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Antonio Gamero, por aceitar a tarefa de me orientar e, principalmente, pela amizade e compreensão.

Ao Prof. Dr. Zacharias Xavier de Barros pelo tratamento exemplar para com os alunos, durante sua gestão como Coordenador do Programa de Pós - Graduação.

Aos Prof.(s). Dr.(s) Sílvio José Bicudo, Kleber Pereira Lanças, Ciniro Costa pela simplicidade em pessoa e pelo tratamento exemplar para com os alunos.

Aos Prof.(s) Dr.(s), Ângelo Catâneo, João Carlos Cury Saad, Sérgio Campos, Marco Antonio Martin Biaggioni, Lincon Guering Cardoso, Antonio Pádua de Sousa, Antonio Evaldo Klar, Paulo Roberto Arbex Silva, Sérgio Hugo Benez, pela amizade.

Ao corpo técnico da FCA, nas pessoas dos Srs.(as) Acássio Tavares Filho, Aparecido Bessa Ramom, Gilberto Winckler, Luciano Alves, Mário de Oliveira Munhoz, Marilene do C. Santos, Marlene Rezende, Rosângela C. Moreci, Sílvio Scolastici e Rita de Cássia Miranda.

Ao Doutor Jairo Costa Fernandes e ao Mestre Willian Bucker Moraes, amigos que não mediram esforços para que este trabalho pudesse ser concluído.

Aos Técnicos de laboratório Ailton de L. Lucas, Eduardo B. Nogueira, Maury Torres da Silva e Pedro Alves pela amizade, apoio e atenção nas horas em que precisei de ajuda.

Aos colegas da Pós-Graduação: Alessandra Costa Gamero, André Satoshi Seki, Cássio Piffer, Erick Vinicius Bertolini, Flávia M. Nascimento, Flávio José de Souza Pereira, Gilmar Alves, Glória Romero, Juan Jose Bonnin, Rodrigo Domingues Barbosa, Marísia Cristina da Silva, Ramon Juliano Rodrigues.

Aos amigos de república, Diego Cunha Zied, José Carlos Pezzoni Filho, Leonardo de Almeida Monteiro, Wylson Zancanela Quarteza e à nossa secretária Nice Rodrigues.

Aos estagiários: Ana Cristina Ensinas de Oliva, Fábio D. Vicentini, Fernando T. de Mello, Luiz F. Ferraretto, Michele H. Asada e Thiago O. Decicino.

Aos estagiários da “Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho” *campus* de Registro, pela ajuda e dedicação na instalação do experimento.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XII
RESUMO.....	1
SUMMARY.....	3
1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1 Cultura do sorgo forrageiro	7
2.2 Atributos físicos e químicos do solo	9
2.3 Sistemas de preparo do solo	13
2.4 Semeadora-adubadora, velocidade e demanda energética.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1 Material.....	31
3.1.1 Localização da área experimental	31
3.1.2 Caracterização do solo e índice pluviométrico.....	32
3.1.3 Defensivo agrícola utilizado antes da instalação do experimento.....	34
3.1.4 Materiais utilizados para coleta de amostras para caracterização do solo	34
3.1.4.1 Determinação do teor de água e da densidade do solo	34
3.1.4.2 Determinação da massa seca da cobertura vegetal	35
3.1.4.3 Determinação da porcentagem de cobertura do solo	35
3.1.4.4 Determinação da resistência do solo à penetração.....	35
3.1.5 Equipamentos e insumos agrícolas.....	35
3.1.5.1 Máquinas agrícolas	35
3.1.5.1.1 Tratores.....	35
3.1.5.1.2 Equipamentos agrícolas.....	36
3.1.5.2 Insumos agrícolas.....	37
3.1.5.2.1 Caracterização do híbrido de sorgo utilizado.....	37
3.1.5.2.2 Fertilizantes	37
3.1.5.2.3 Defensivo agrícola utilizado após a instalação do experimento	37

3.1.6 Materiais utilizados para coleta de dados dos parâmetros de avaliação energética e operacional	38
3.1.6.1 Sistema eletrônico de aquisição de dados	38
3.1.6.2 Determinação da área de solo mobilizado	38
3.1.6.3 Determinação da profundidade de semeadura	39
3.1.6.4 Determinação do consumo horário e operacional de combustível	39
3.1.6.5 Determinação de força de tração na barra	39
3.1.7 Materiais utilizados para avaliação dos parâmetros avaliados após a semeadura...	40
3.1.7.1 Avaliações na cultura do sorgo	40
3.2 Métodos	41
3.2.1 Delineamento experimental	41
3.2.2 Instalação e condução do experimento	42
3.2.3 Métodos de determinação dos parâmetros de caracterização do solo	43
3.2.3.1 Determinação do teor de água e da densidade do solo	43
3.2.3.2 Determinação da massa seca da cobertura vegetal	43
3.2.3.3 Determinação da porcentagem de cobertura do solo	44
3.2.3.4 Determinação da resistência do solo à penetração	44
3.2.3.5 Determinação granulométrica e análises químicas do solo	44
3.2.4 Métodos de determinação dos parâmetros energéticos e operacionais	45
3.2.4.1 Velocidade média do trator	45
3.2.4.2 Patinação do trator em operação	45
3.2.4.3 Força média de tração na barra	46
3.2.4.4 Potência média na barra de tração	46
3.2.4.5 Capacidade de campo teórica do conjunto trator-equipamento	46
3.2.4.6 Consumo horário de combustível	47
3.2.4.7 Consumo operacional de combustível	47
3.2.5 Profundidade do sulco e área de solo mobilizada pelos sistemas de manejo	48
3.2.5.1 Profundidade do sulco pelos mecanismos sulcadores da semeadora	49
3.2.6 Avaliações da cultura do sorgo	49
3.2.6.1 População de plantas	49
3.2.6.2 Profundidade de deposição de sementes	49

3.2.6.3	Altura de plantas	49
3.2.6.4	Diâmetro do colmo	50
3.2.6.5	Massas verde e seca da parte aérea	50
3.2.6.6	Massa de mil grãos de sorgo	50
3.2.6.7	Produtividades de massa verde e massa seca	50
3.2.6.8	Análise estatística dos dados	50
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1	Cobertura de superfície do solo	52
4.2	Densidade do solo, densidade de máxima compactação, teor de água de máxima compactação e densidade relativa	53
4.3	Resistência do solo à penetração	55
4.4	Teor de água no solo na determinação da resistência do solo à penetração após a colheita do sorgo	57
4.5	Teor de água do solo no dia dos preparos	61
4.6	Desempenho do trator durante o preparo do solo	62
4.7	Teor de água do solo no dia da semeadura	65
4.8	Velocidade na operação de semeadura	66
4.9	Força média na barra de tração	66
4.10	Potência média na barra de tração	68
4.11	Consumo horário de combustível da semeadora	69
4.12	Capacidade de campo teórica	70
4.13	População de plantas	72
4.14	Altura de plantas	74
4.15	Diâmetro do caule	75
4.16	Massa verde e massa seca da parte aérea	76
4.17	Massa de mil grãos	77
4.18	Produtividades de massa verde e de massa seca	78
5	CONCLUSÕES	81
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Distribuição granulométrica do solo da área experimental.	32
Tabela 2. Propriedades e características físicas do solo.	32
Tabela 3. Resultados de análises químicas do solo antes da implantação do experimento, nas camadas de 0-200 e de 200-400 mm de profundidade.	33
Tabela 4. Valores médios de resistência do solo à penetração (MPa) antes da semeadura do sorgo.	33
Tabela 5. Teor de água (g kg^{-1}) no solo no momento da determinação da resistência do solo à penetração.	34
Tabela 6. Cronograma das atividades realizadas durante a condução do experimento.	42
Tabela 7. Esquema da análise de variância.	51
Tabela 8. Superfície de cobertura do solo por resíduos vegetais da safra anterior e plantas daninhas presentes na área antes e após instalação dos sistemas de manejo.	53
Tabela 9. Valores médios da densidade do solo (kg dm^{-3}), densidade de máxima compactação (kg dm^{-3}), teor de água de máxima compactação (g kg^{-1}) e densidade relativa, após a colheita do sorgo em função da profundidade e sistemas.	55
Tabela 10. Valores médios de resistência do solo à penetração (MPa) após a colheita do sorgo em função da profundidade e sistemas de manejo.	56
Tabela 11. Teor de água no solo (g kg^{-1}) no momento da determinação da resistência do solo à penetração (MPa) após a colheita do sorgo em função da profundidade e sistemas de manejo.	57
Tabela 12. Resultados de análise química do solo após a colheita do sorgo em função da profundidade e sistema de manejos.	59
Tabela 13. Teor de água do solo (g kg^{-1}) no dia dos preparos em função da profundidade e sistemas de manejo.	61
Tabela 14. Largura de trabalho (mm), velocidade média (km h^{-1}), força média de tração (kN), potência média de tração (kW), patinagem (%) e capacidade de campo teórica (ha h^{-1}) para diferentes sistemas de manejo do solo.	62
Tabela 15. Valores médios de consumo operacional (L ha^{-1}), consumo horário de combustível (L h^{-1}), profundidade média de preparo (mm) e área de solo mobilizada (cm^2)...	64

Tabela 16. Teor de água do solo (g kg^{-1}) no dia da semeadura do sorgo em função da profundidade e sistemas de manejo.	65
Tabela 17. Valores médios das velocidades na operação de semeadura (km h^{-1}) do sorgo em função dos sistemas de manejo.	66
Tabela 18. Força média na barra de tração (kN), exigida pela semeadora-adubadora durante a semeadura do sorgo, em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.	67
Tabela 19. Potência média na barra de tração (kW), exigida pela semeadora-adubadora durante a semeadura do sorgo, em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.	68
Tabela 20. Valores médios do consumo horário de combustível (L h^{-1}) durante a semeadura do sorgo em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.	69
Tabela 21. Valores médios da capacidade de campo teórica (ha h^{-1}) durante a semeadura do sorgo em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.	71
Tabela 22. Valores médios da profundidade de semeadura (mm) em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.	71
Tabela 23. População inicial de plantas (n° de plantas ha^{-1}) em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.	72
Tabela 24. População final de plantas (n° de plantas ha^{-1}) em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.	73
Tabela 25. Altura das plantas (cm) em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.	74
Tabela 26. Diâmetro do caule das plantas (cm) em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.	75
Tabela 27. Massa seca da parte aérea (g planta^{-1}) na fase de maturação em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.	76
Tabela 28. Massa verde da parte aérea (g planta^{-1}) na fase de maturação em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.	77
Tabela 29. Massa de mil grãos (g) em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.	78

Tabela 30. Valores médios de produtividade de massa verde do sorgo (kg ha^{-1}) em função dos sistemas de manejo e das velocidades na operação de semeadura.....	79
Tabela 31. Valores médios de produtividade de massa seca do sorgo (kg ha^{-1}) em função dos sistemas de manejo e das velocidades na operação de semeadura.....	79

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Vista do painel com instrumentos eletrônicos indicadores dos dados coletados para a realização do experimento. (Fonte: Seki, A.S, 2007).	38
Figura 2. Fluxômetro instalado no trator para determinação do consumo de combustível (acoplamento ao sistema de aquisição de dados (1), fluxômetro (2) e filtro de combustível (3). (Fonte: Seki, A.S, 2007).	39
Figura 3. Conjunto utilizado para a determinação da força de tração na barra (suporte metálico) “berço” (1) e célula de carga (2). (Fonte: Seki, A.S, 2007).	40
Figura 4. Croqui da área experimental.	41

RESUMO

O sorgo forrageiro pode ser cultivado em áreas e situações ambientais secas e quentes, onde a produtividade de outras forrageiras pode ser normalmente antieconômica. O revolvimento do solo pode ser efetuado somente nas linhas de semeadura (semeadura direta) ou totalmente na área destinada à semeadura (preparo convencional), com arações, gradagens, subsolagem e escarificação (cultivo reduzido). A velocidade de deslocamento ideal para a semeadura é aquela em que o sulco é aberto e fechado sem remover exageradamente o solo, permitindo a distribuição das sementes em espaçamentos e profundidades constantes. O experimento foi instalado e conduzido em condições de campo, em solo classificado como Nitossolo Vermelho Distroférico, na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Campus de Botucatu. A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a resposta da cultura do sorgo em quatro velocidades de deslocamento (3, 5, 6 e 9 km h⁻¹) e quatro sistemas de manejo de solo: SD (semeadura direta); GP (gradagem pesada + semeadura); GPL (gradagem pesada + duas gradagens leves + semeadura) e CR (escarificação + semeadura). Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância em esquema fatorial 4 x 4 e um delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas. Foram determinados os seguintes parâmetros: massa seca da cobertura vegetal, porcentagem de cobertura do solo, resistência do solo à penetração, profundidade de deposição de sementes, área de solo mobilizada e profundidade de sulco de semeadura, velocidade média, patinação do trator em operação, força média de tração na barra, potência média na

barra de tração, capacidade de campo teórica do conjunto trator-equipamento, consumos horário e operacional de combustível, populações inicial e final de plantas, altura de plantas, diâmetro do colmo, massas verde e seca da parte aérea, massa de mil grãos, produtividades de massas verde e seca. A variação da velocidade na operação de semeadura não proporcionou acréscimo nos valores da força de tração média na barra do conjunto trator-semeadora-adubadora. Os consumos horário e operacional de combustível, não foram influenciados pelos sistemas de manejo e são inversamente proporcionais ao aumento da velocidade de trabalho. Com o aumento da velocidade, houve diminuição na população de plantas, aumento de massa verde e seca da parte aérea, da massa de mil grãos e do diâmetro do caule, sem alteração na altura de plantas. Com relação à produtividade, o sistema de semeadura direta foi o que apresentou melhor resultado na velocidade de 5 km h⁻¹. Nas outras velocidades, notou-se menores produtividades, entretanto com maior massa de mil grãos.

Palavras chave: sorgo forrageiro, manejo de solo, demanda energética, velocidade de semeadura.

OPERATIONAL PERFORMANCE OF AGRICULTURAL MACHINES IN THE SORGHUM FORAGE IMPLANTATION. Botucatu, 2009. 94p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: JOSÉ GUILHERME LANÇA RODRIGUES

Adviser: CARLOS ANTONIO GAMERO

SUMMARY

Sorghum silage can be cultivated in dry and hot areas and environmental situations, in which productivity of some other forage is anti economic. Soil mobilization can be used only in seeding lines (no-tillage), or totally in the area for the seeding (conventional tillage), with plowing and drainage and sub soiling and chiseling (reduced crop). The ideal speed displacement for seeding is the one in which the rill is open and closed without exaggeratedly removing the soil, allowing seed distribution at constant spacing and depths. The experiment was installed and conducted in field conditions, in dystrophic Red Nitossol, at Fazenda Experimental Lageado, in Forest Sciences, College of Agronomic Sciences, São Paulo State University-FCA/UNESP-Botucatu (SP). The present research aimed at evaluating the response of sorghum crop in function of 4 displacement speeds (3, 5, 6 e 9 km h⁻¹) and 4 soil management systems: SD (No-tillage), GP (Heavy disk harrow + sowing),

GPL (heavy disk harrow + two leveling harrows + sowing) and CR (chiseling + sowing). The obtained parameters were analyzed statistically through analysis of the median values in a 4 x 4 factorial scheme and a completely randomized block design with split-plots. The following parameters were determined: dry mass of cover crop, percentage of soil cover, soil resistance to penetration, seed deposition depths, area of displaced soil, sowing depths, mean flow velocity, tractor slip in operation, median power of traction in the bar, median drawbar pull, theoretical field capacity of the group tractor-equipment, hourly and operational fuel consumption, early and final plant population, plant heights, stem diameter, fresh and dry mass of the aerial part, thousand grain mass, fresh and dry mass productivity. Speed variation in the operation of the seeding did not provide increase in the values of median force traction in the bar of the seeding-fertilizer machine. The hourly and operational fuel consumption was not influenced by the management systems and are direct and show inversely proportional to the work speed increase. With the increase of the speed occurred decreases in the plant population, increases of the fresh and dry mass of the aerial part, of the thousand grain mass and of the stem diameter, without plant height alteration. In relation to the productivity, the no-tillage system showed better results in the de 5 km h⁻¹ speed. In the others speeds was observed low productivity but with thousand grain mass higher.

Keywords: sorghum silage, soil management, energetic demand, sowing speed.

1 INTRODUÇÃO

O valor do sorgo como planta forrageira é assunto que tem merecido a atenção dos especialistas, em várias partes do mundo especialmente devido a sua elevada tolerância ao estresse hídrico e menor exigência em fertilidade do solo. Quando usado para silagem é considerada nutricionalmente a segunda opção depois do milho, tendo em vista que seus grãos pequenos escapam da ação enzimática pela maior velocidade de trânsito no trato digestório dos animais.

Para a escolha de um sistema de manejo, considera-se a produtividade da cultura e as condições físicas que o mesmo promove no solo. O sistema de semeadura direta é caracterizado por implantar uma cultura com mínima mobilização no solo sobre coberturas vegetais anteriores, necessitando, para isso, fazer uso da rotação de culturas, do uso de herbicidas e de semeadoras-adubadoras apropriadas.

As semeadoras-adubadoras para semeadura direta têm apresentado problemas de desempenho operacional, em solos com elevados teores de argila. A resistência à penetração dos componentes rompedores, associada à retenção de água, tem exigido constante adaptação das máquinas. Como consequência, ocorrem problemas com a uniformidade de emergência das plantas, são freqüentes os problemas com corte irregular da vegetação, embuchamentos, abertura inapropriada do sulco, aderência do solo aos componentes, profundidade de semeadura, cobertura e contato inadequado do solo sobre as sementes.

A presente pesquisa teve como objetivo geral analisar o desempenho operacional e energético em sistemas de preparo do solo e velocidades de semeadura da cultura do sorgo, sendo que os objetivos específicos foram:

- estudar o desempenho das operações agrícolas nos sistemas de manejo;
- identificar a velocidade na operação de semeadura que permite o melhor desenvolvimento do sorgo;
- avaliar a influência dos sistemas de manejo no desenvolvimento do sorgo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura do sorgo forrageiro

A moderna planta de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é um produto da intervenção do homem, que domesticou a espécie e, ao longo de gerações, vem transformando-a para satisfazer as necessidades agrícolas (MAGALHÃES et al., 2000). O sorgo é uma extraordinária fábrica de energia, de enorme utilidade em regiões muito quentes e secas, onde o homem não consegue boas produtividades de grãos ou de forragem, cultivando outras espécies, como o milho. Embora de origem tropical, o sorgo vem sendo cultivado em latitudes de até 45° ao norte ou ao sul. Isso só foi possível graças aos trabalhos dos melhoristas de plantas, que desenvolveram cultivares com adaptação fora da zona tropical. É cultivado, principalmente, onde a precipitação anual se situa entre 375 e 625 mm ou onde esteja disponível irrigação suplementar. O sorgo é, entre as espécies alimentares, uma das mais versáteis e eficientes, tanto do ponto de vista fotossintético, como em velocidade de maturação.

A cultura do sorgo possui características fisiológicas que permitem paralisar o crescimento ou diminuir as atividades metabólicas durante o estresse hídrico e reiniciar o crescimento quando a água se torna disponível (MASOJIDEK et al., 1991).

Além do que, logo após o término de um período de estresse hídrico, as plantas podem até crescer mais rapidamente do que as que não sofreram este processo. Essa situação ocorre, provavelmente, pelo acúmulo de fotoassimilados no caule, no início do

período de estresse. Essas reservas, que são pouco utilizadas durante a seca, ficam disponíveis para estimular o crescimento, quando a água se torna novamente disponível.

A tolerância à seca é diferenciada conforme o genótipo (MASOJIDEK et al., 1991) dentro da mesma espécie vegetal. Assim, diferentes materiais de uma mesma espécie podem responder de maneiras distintas ao estresse causado pela deficiência hídrica. Um dos sintomas dessa deficiência mais característico apresentado pelas plantas é a murcha, que, dependendo da severidade do estresse, pode ser reversível ou não (RIBAS, 2004).

É uma planta C4, de dia curto e com altas taxas fotossintéticas. A grande maioria dos materiais genéticos de sorgo requer temperaturas superiores a 21 °C para crescimento e desenvolvimento.

Durante a primeira fase de crescimento da cultura, que vai da semeadura, germinação até a iniciação da panícula, é muito importante a rapidez da germinação, emergência e estabelecimento da plântula, uma vez que a planta é pequena, tem crescimento inicial lento e o não controle de plantas daninhas nesta fase pode reduzir seriamente o rendimento de grãos (ZAGO, 1991).

Embora não existam dados concretos disponíveis, acerca de como os estádios iniciais da cultura podem afetar o rendimento, é lógico pensar que um bom estande, com rápida formação de folhas e sistema radicular, tornará aquela cultura apta a enfrentar possíveis estresses ambientais durante o seu ciclo. Na fase seguinte que compreende a iniciação da panícula até o florescimento, vários processos de crescimento, se afetados, poderão comprometer o rendimento. São eles: desenvolvimento da área foliar, sistema radicular, acumulação de massa seca e o estabelecimento de um número potencial de sementes. Esse último é provavelmente o mais crítico, desde que maior número de grãos tem sido geralmente o mais importante componente de produção associado ao aumento de rendimento em sorgo.

Na terceira fase de crescimento, que vai da floração à maturação fisiológica, os fatores considerados mais importantes são aqueles relacionados ao enchimento de grãos (MASOJIDEK et al., 1991).

Durante as três etapas de crescimento, a fotossíntese, o particionamento de fotoassimilados e a divisão e expansão celular devem estar ajustados, visando bom rendimento da cultura. É lógico pensar que o rendimento final é função tanto da

duração do período de enchimento de grãos como da taxa de acumulação de matéria seca diária (MAGALHÃES et al., 1997).

O crescimento das raízes de sorgo está relacionado com a temperatura do ar e é limitado pela falta de umidade no solo e disponibilidade de fotoassimilados oriundos das folhas. Um dos fatores mais importantes que afetam o uso de água e a tolerância à seca é um sistema radicular eficiente (MAGALHÃES et al., 2000).

O cultivo do sorgo, assim como qualquer outra cultura inserida num sistema de rotação e/ou sucessão, necessita de condições mínimas de solo para que a cultura se estabeleça e se desenvolva normalmente. Com este enfoque, o sistema de semeadura direta apresenta vantagens comparativas em relação aos métodos tradicionais de preparo do solo, que envolvem aração e gradagens, devido ao ganho de tempo que se consegue na implantação da cultura em sucessão, com menor consumo de energia e, à maior infiltração da água associada a menor perda por evaporação que resulta em maior conservação de umidade (VIANA, 1992).

Ribas (2004) verificou que na velocidade de 3 km h⁻¹, houve diferenças significativas para os valores da massa de mil grãos, massa verde e seca de sorgo forrageiro, em relação às velocidades de 6 e 9 km h⁻¹.

Zago (1991) constatou maior diâmetro do caule, na cultura do sorgo forrageiro, em sistema semeadura direta em relação ao preparo convencional e ao cultivo mínimo.

A palha de sorgo forrageiro é amplamente utilizada como cobertura por agricultores norte-americanos, objetivando a supressão de plantas daninhas e a conservação do teor de água do solo (PUTNAM et al., 1983).

Mello (1998) afirmou que o uso de milho e sorgo forrageiro, na estação quente, em sistema de semeadura direta, é um meio de otimizar a produção de leite por durante 120 a 130 dias do ano.

2.2 Atributos físicos e químicos do solo

Na literatura, existe abundante bibliografia sobre os elementos químicos do solo, seu papel e comportamento na nutrição vegetal. No entanto, a física do solo, pelo contrário, é um tema pouco abordado, apesar de, na década de 70, ter-se produzido grandes avanços no estudo da resposta do sistema radicular frente ao solo como meio físico (PORTA et al., 1999).

As relações entre as condições físicas do solo e o crescimento das plantas são complexas e, não é possível dar uma resposta simples sobre qual é o valor ótimo de cada parâmetro, que permita obter ótima produção para um dado cultivo. A principal dificuldade se baseia em que tais parâmetros apresentam variabilidade espaço-temporal grande, dentro de um mesmo tipo de solo (LETEY, 1985).

Uma das características mais importantes no estudo da relação máquina/solo, com conseqüência imediata às plantas, é a alteração das propriedades físicas das camadas de solo por interferência mecânica. Conseqüentemente, o estudo para determinação das principais características físicas do solo agrícola, no intuito de adequá-lo às necessidades das plantas a serem cultivadas, é um fator importante no processo de produção agrícola (MAIA, 1999).

A caracterização da camada compactada e do comportamento do solo em relação às suas propriedades físicas, como densidade, porosidade, teor de água, capacidade de retenção e infiltração da água e, principalmente, a localização da camada compactada, é de extrema significância para o planejamento das técnicas modernas de produção (IAIA et al., 2006).

A compactação dos solos agrícolas tem aumentado nos últimos anos e vem se tornando um fator limitante no aumento da produtividade e na sustentabilidade do sistema de semeadura direta, especialmente em solos argilosos (KAISER et al., 2005).

Segundo Souza et al. (2005), embora a erosão seja um processo natural, acaba sendo acelerada ou retardada pela ação antrópica, principalmente por diversas alterações como o preparo e os manejos inadequados dos solos.

Klein (2006) afirmou que valores acima de 0,88 de densidade relativa são empecilhos ao desenvolvimento radicular das culturas.

A compactação causa redução de massa por unidade de volume, acarretando maior densidade e resistência mecânica do solo à penetração, com redução da porosidade total e com maior ênfase na redução dos poros de maior diâmetro (LEONEL et al., 2007; STONE et al., 2002).

Cavalieri et al. (2006) verificaram que valores de resistência à penetração maiores que 2 MPa são mais freqüentes em tratamentos com o sistema de preparo semeadura direta.

O conhecimento dos vários fatores que concorrem para os agravamentos da compactação do solo, como é o caso da patinação dos rodados, o domínio sobre os processos

pelo qual, a compactação do solo pode ser modificada e controlada, bem como a forma de determiná-la, é essencial para uma agricultura permanente (MAZIERO et al., 1997).

As respostas para compactação do solo podem ser complexas, devido às diferentes maneiras que esta pode alterar as propriedades físicas do solo. Tem havido tentativas de encontrar valores que restringem o crescimento das raízes, capacidade suporte, permeabilidade que são relacionados com os fatores que limitam o crescimento de raízes e absorção de nutrientes (BOTTA et al., 2006).

Santana et al. (2006) afirmam que, dentre os atributos físicos do solo, a resistência é a que apresenta maior sensibilidade para a demonstração dos efeitos dos sistemas de manejos do solo. Streck et al. (2004) constataram que a resistência é o atributo físico do solo, mais sensível aos efeitos dos preparos do solo.

Para um adequado crescimento, as plantas necessitam de uma estrutura que possibilite uma área de contato entre as raízes e o solo, que assegure a obtenção de água e nutrientes essenciais e um suficiente espaço poroso para o fornecimento adequado de oxigênio (LIMA et al., 2004).

A ênfase dada à estrutura do solo como fator de produção agrícola deve-se, em grande parte, ao fato de serem o ar e a água os ocupantes básicos dos espaços vazios (MITSUIKI, 2006).

Abreu et al. (2004) verificaram uma maior resistência com o aumento da profundidade, justificando deste modo, a pressão exercida pelas máquinas nas operações dos sistemas de manejo do solo.

A determinação da densidade do solo, nas diferentes camadas de um determinado perfil, poderá trazer informações sobre o manejo atual e a possibilidade de uso para algumas culturas exigentes a menores valores de densidades. A densidade do solo, em geral, aumenta com a profundidade do perfil devido às pressões exercidas pelas camadas superiores provocando a compactação e reduzindo a porosidade. A movimentação de material fino dos horizontes superiores (eluviação) também contribui para a redução dos espaços porosos aumentando a densidade do solo dessas camadas (SENGIZ, 2005).

Ainda não existem valores de densidade de solo considerados limitantes à produtividade agrícola. Alguns estudos têm sido feitos nesse sentido, mas ainda existem questionamentos e dúvidas (LIMA et al., 2007).

Para Reinert e Reichert (2006), os valores normais para solos arenosos variam de 1,2 a 1,9 kg dm⁻³, enquanto que para os argilosos de 0,9 a 1,7 kg dm⁻³. Valores de densidade do solo, associados ao estado de compactação com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular, situam-se acima de 1,65 kg dm⁻³ para solos arenosos e 1,45 kg dm⁻³ para os argilosos.

Cruz et al. (2003), avaliando as propriedades físicas de um Argissolo Vermelho, em Pelotas - RS, submetido a sistemas de manejo, observaram que os maiores valores de densidade na profundidade de 0,0-0,100 mm foram no solo sob semeadura direta.

Liepic et al. (1991), ao avaliarem o desenvolvimento da cultura da cevada, em um solo com 600 g kg⁻¹ de argila, verificaram que o crescimento das plantas e a produtividade de grãos foram inferiores, quando os valores de densidade relativa excederam o valor de 0,88.

Carter (1990), trabalhando em solos arenosos, observou uma maior produtividade de cereais, quando a densidade relativa se manteve entre 0,77 e 0,84 e que, em áreas sob semeadura direta, o valor de densidade relativa de 0,89 afetava o desenvolvimento das plantas, principalmente por deficiência de aeração do solo, ocasionada pela redução do volume de macroporos.

Ferreras et al. (2001), avaliando o sistema de semeadura direta e a utilização de escarificador na cultura da soja, encontraram valores de densidade relativa de 0,82 e 0,69 respectivamente na camada de 0-60 mm, enquanto que na camada de 100-160 mm foram de 0,87 e 0,85. A cultura da soja apresentou menor rendimento de grãos na semeadura direta (1.700 kg ha⁻¹) do que no solo escarificado (3.550 kg ha⁻¹).

A densidade do solo é um dos atributos físicos que tem estreita relação com o grau de compactação de determinada camada do solo, permitindo inferir as dificuldades para a emergência, o desenvolvimento radicular e a circulação de água e de ar. No entanto, o valor da densidade do solo apresenta limitações importantes, já que não oferece informações sobre o tamanho dos poros e conexões entre eles. Estes aspectos podem predizer o movimento da água nos poros de um solo e os riscos de degradação dos agregados (PORTA et al., 1999).

Almeida et al. (2005) analisaram dados químicos do solo, e verificaram que, entre o sistema de manejo do solo, não houve diferença estatística para CTC (capacidade de troca catiônica) e teores de P, K⁺ e Ca⁺².

Santos e Tomm (2003) verificaram uma queda no pH superficial (0-100 mm) para o subsuperficial de (100-200 mm) nos sistemas de preparo convencional e cultivo mínimo.

Muzilli (1983), estudando teores de K^+ , observou diferenças significativas na camada de 0-200 mm, quando comparados com os obtidos na camada de 200-400 mm de profundidade do solo, para diferentes sistemas de preparo.

2.3 Sistemas de preparo do solo

O preparo do solo é uma prática agrícola importante. Quando feito de forma adequada, contribui para controlar plantas daninhas e melhorar as propriedades físicas do solo (ZAFFARONI et al., 1991). É uma operação indispensável ao bom desenvolvimento das culturas e compreende um conjunto de técnicas que, quando utilizadas racionalmente, proporcionam incremento na produtividade, mas, se mal utilizadas, podem levar à degradação dos solos em curto prazo. De maneira geral, as baixas produtividades das culturas são atribuídas, em parte, à degradação dos solos resultante do seu uso e manejo inadequados, ao preparo do solo insatisfatório e a problemas na semeadura (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

Benez (1972) caracterizou o preparo convencional como sendo de alto grau de mobilização e desagregação do solo com o intuito de obtenção de uma semeadura sem obstáculos, possuindo o inconveniente de compactá-lo, destruindo a estrutura, reduzindo a infiltração, aumentando a erosão, favorecendo o crescimento das plantas daninhas e, principalmente, proporcionar alto custo quando comparado ao sistema de cultivo mínimo.

Furlani et al. (2004), em sistema de semeadura direta, encontraram valores de cobertura sobre a superfície do solo, de 90,11%, no tratamento cultivo reduzido e convencional, constataram valores de cobertura superficial do solo na ordem de 29,22% e 12,12%.

Os efeitos de diferentes métodos de preparo sobre as propriedades físicas do solo têm sido estudados por diversos autores (BELTRAME et al., 1981), destacando-se as seguintes: revolvimento do solo somente nas linhas de semeadura (semeadura direta) e revolvimento total na área destinada à semeadura (método convencional, com arações e gradagens, apenas gradagens e com escarificação), (SILVA; SILVEIRA, 2002).

O emprego de escarificadores, no preparo primário do solo, vem se expandindo paulatinamente. Esta operação agrícola, outrora utilizada de forma mais corretiva e para ser intercalada nas operações de preparo do solo, passaram a substituir os arados em manejos conservacionistas, a exemplo do cultivo mínimo (RALISCH; FURLANI JR., 2001).

Já Falleiro et al. (2003) não observaram aumento ou redução da densidade do solo com o acréscimo de profundidade nos sistemas de manejos, semeadura direta, preparo convencional e cultivo reduzido.

Os escarificadores e ou subsoladores devem mobilizar totalmente o solo entre as hastes, proporcionando-lhe uma porosidade adequada ao desenvolvimento das plantas (KLEIN et al., 1995).

Salvador e Benez (1993), ao avaliarem o consumo energético de quatro implementos no preparo periódico do solo, concluíram que a escarificação é a técnica mais indicada para tal fim, requerendo um baixo consumo de energia e de combustível para uma maior desagregação do solo.

Silva (2000), estudando sistema de preparo de solo, constatou no sistema de semeadura direta, valores de cobertura superficial na ordem de 93%.

Rosolem et al. (1992) verificaram que, para a cultura do trigo, o manejo do solo com semeadura direta e gradagem pesada proporcionaram a pior distribuição de raízes quando comparado com o arado e o escarificador.

Segundo Tupper e Pringle (1997), foi criada uma nova legislação federal nos Estados Unidos, exigindo da maioria dos produtores rurais a substituição dos métodos inadequados de preparo do solo a fim de se controlar a erosão. Nesse sentido, a prática da subsolagem em solos com camadas duras é muito comum na produção de algodão no Estado do Mississippi (EUA).

Para Primavesi (1984), é impressionante a diferença entre um solo mobilizado por um subsolador e um solo revolvido pela aração. No primeiro, após cair a primeira chuva forte, não se verifica quase nenhuma água escorrida, nem destruição de sua estrutura, aparentando não ter recebido chuva alguma, uma vez que nem uma tênue crosta se forma na superfície. No solo arado, entretanto, há destruição de sua estrutura; forma-se uma crosta na sua superfície, devido ao impacto das gotas de chuva, conseqüentemente há formação de enxurradas, e, mesmo em áreas com curvas de nível, o deflúvio superficial é fortíssimo.

Os sistemas de manejo do solo são classificados como intensivo (convencional com a utilização de arados e grades), mínimo ou reduzido e semeadura direta, sendo os dois últimos denominados também de manejos conservacionistas. Para o sistema de preparo reduzido, utilizam-se de equipamentos de hastes, tais como escarificadores, cinzéis e subsoladores. No sistema de plantio direto apenas a operação de semeadura é realizada, sendo assim, foi convencionado pela Federação de Associações de Plantio Direto na Palha que o sistema seria denominado Plantio Direto (DALLMEYER, 2001).

Para Gadanha Junior et al. (1991), o escarificador é um implemento que promove a desagregação do solo, sendo utilizado, também, para o rompimento de camadas compactadas. Além de permitir economia de combustível, a escarificação proporciona uma melhor conservação do solo e uma maior capacidade operacional do sistema, permitindo, assim, uma economia de tempo e dinheiro (MAIA, 1999).

Holtz e Sá (1995) afirmam que os agricultores têm se preocupado em reduzir o número de operações de preparo de solo, como forma de economizar tempo e trabalho, bem como combustível, controlar a erosão e o teor de água no solo, mudando do sistema convencional para sistemas conservacionistas, como o preparo reduzido e semeadura direta.

Os preparos conservacionistas de solo reduzem a erosão hídrica em relação aos preparos convencionais, visto que são menos intensos e mantêm o solo coberto por maior período de tempo (STURNER et al., 2005).

A constante mobilização do solo de forma inadequada, principalmente em sistemas intensivos de exploração agrícola, leva à degradação de sua estrutura. Essa condição física alterada do solo pode ocasionar diminuição da produtividade das culturas, em vista da complexidade dos fenômenos que envolvem as relações solo-planta-atmosfera (RODRIGUES, 2001). O solo não deve ser considerado simplesmente como meio de produção. O respeito às suas características e condições, no momento do manejo, são fundamentais para sua preservação e exige uma abordagem holística de suas características, fazendo com que este recurso natural faça parte do sistema de produção empregado (RALISCH, 1999). Uma das melhores alternativas, para impedir que ocorram perdas tanto de solo como de água, é o Sistema de Plantio Direto. O conceito, inicialmente adotado para plantio direto, foi derivado da expressão “no-tillage”, que significa sem preparo. É um

procedimento de plantio sobre uma cobertura quimicamente morta ou sobre resíduos da cultura anterior, sem preparo mecânico do leito de semeadura (JONES et al., 1968).

A evolução do sistema plantio direto tem sido notável, principalmente nos últimos anos. Na safra de 2005/2006 foram cultivados aproximadamente 25,5 milhões de hectares sob esse sistema (FEDERAÇÃO, 2007), representando mais de 50% da produção com culturas produtoras de grãos.

A adoção, no Brasil, de sistemas conservacionistas de manejo do solo, baseados na exclusão parcial ou total das operações de mobilização superficial (aração e gradagem), trouxe uma preocupação adicional quanto à redução do risco de compactação causada pelo tráfego, uma vez que aquelas operações permitiam, dentre outras funções, eliminar periodicamente, camadas superficiais compactadas (ARAÚJO, 2004).

Toda operação agrícola altera as condições do solo em maior ou menor intensidade, dependendo do estado inicial do mesmo e das características das máquinas, entretanto, a importância dessas alterações depende, em grande parte, da reação das plantas ao novo ambiente estabelecido para seu desenvolvimento (ARAÚJO, 2004).

Na agricultura mecanizada, o preparo do solo é uma operação básica, caracterizada por objetivos complexos, elevado número de métodos e grande diversidade de opiniões. Em muitos casos, a utilização das práticas de preparo do solo são mais influenciada pela tradição e intuição, do que por uma análise racional (GAMERO, 1991).

Diversos tipos de preparo do solo são estudados com o fim de verificar a manutenção da fertilidade, o controle da erosão, a redução do custo das operações e proporcionar maior renda ao agricultor, com manejo sustentado do solo (RODRIGUES, 2001).

A escolha de um sistema de preparo é extremamente complexa, principalmente devido às variações dos tipos de solos, teores de água, coberturas vegetais sobre a superfície, culturas a serem implantadas, níveis tecnológicos, método de conservação, entre outras (FURLANI, 2000). No entanto, o preparo mais adequado deve ser decisivo para a escolha dos equipamentos a serem empregados e não o contrário (GAMERO et al., 1997).

Falleiro et al. (2003), avaliando o efeito de seis sistemas de manejo do solo, sobre algumas características físicas do solo, verificaram que a densidade foi superior na semeadura direta em relação ao preparo convencional e o reduzido.

As operações de preparo do solo, como a escarificação, criam um microrelevo na superfície, sendo o índice de rugosidade superficial do mesmo, o critério mais utilizado para a sua determinação. Essas alterações afetam o escoamento superficial e o armazenamento temporal de água. A escarificação esporádica do solo sob plantio direto tem se apresentado como uma alternativa para minimizar os efeitos da compactação, especificamente em períodos de deficiência hídrica (CAMARA; KLEIN, 2005; VASQUEZ; DE MARIA, 2003).

Derpsch (1984), avaliando diferentes implementos de preparo do solo, verificou que os escarificadores foram os que deixaram o solo mais protegido com resíduos de culturas. Na avaliação da porcentagem de resíduos presentes na superfície do solo, após o preparo, deixaram 77% no escarificador, contra 31 e 37% apresentados nas operações com grade pesada e arado de disco, respectivamente (RODRIGUES, 2001).

Com o objetivo de diminuir os custos operacionais e reduzir a movimentação do solo, muitos agricultores estão substituindo o preparo de solo convencional pelo sistema de semeadura direta. Este sistema fundamenta-se 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 semadora-adubadora específica.

A maior retenção de água no solo, ocasionada pelo sistema semeadura direta, pode aumentar a compactação devido ao tráfego de máquinas. Com isso, se faz necessário o uso de hastes sulcadoras em semeadoras-adubadoras para romper esta camada superficial compactada (SILVA; BENEZ, 2005).

O preparo adequado do solo proporciona equilíbrio nas suas condições físicas, químicas e biológicas, com reflexos no aumento da produtividade das culturas e na manutenção das condições naturais do solo (RODRIGUES, 2001).

As operações de preparo do solo estão entre as técnicas que frequentemente melhoram as produções das culturas, mas devem ser adaptadas às condições específicas para um distinto sistema de produção (FURLANI, 2000). Para tanto há uma quantidade razoável de equipamentos diferentes disponíveis e uma gama de regulagens que cada implemento dispõe para se adequar às situações e às necessidades. O conhecimento destes aspectos, de seus efeitos, dos objetivos, das condições em que se realizarão os trabalhos e a forma de realizá-los, auxiliará no sucesso das safras sucessivas e na preservação do solo (RALISCH, 1999).

Furlani (2000), estudando a combinação de três sistemas de preparo do solo (convencional, composto por uma aração e duas gradagens niveladoras; reduzido com escarificador; solo não preparado/semeadura direta) na cultura de inverno, utilizando o consórcio de aveia preta (*Avena strigosa* Shreb.) e o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e na cultura de verão, utilizando o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), observou que a cobertura do solo pelos restos das culturas de inverno, após a semeadura da cultura do feijoeiro, foi 76% para o sistema de semeadura direta, 37 e 8% para os preparos reduzido e convencional, respectivamente.

Siqueira (1999), quando trabalhou com as operações de escarificação, aração com órgãos ativos de disco e aiveca, no sistema de semeadura direta (SD), encontrou o valor de cobertura sobre a superfície do solo, de 93,13%.

Boller et al. (1996) avaliaram os efeitos de três sistemas de preparo do solo (aração seguida por duas gradagens; mobilização com enxada rotativa e; escarificação com escarificador conjugado com discos para corte de palhada e rolo destorroador) e quatro condições de cobertura do solo antes do preparo. Os autores verificaram que a cobertura do solo foi maior após a escarificação e este preparo permitiu, também, maior diâmetro médio geométrico dos agregados. Boller et al. (1997), também, confirmaram que o solo tinha uma cobertura vegetal maior após o preparo com o escarificador, apresentando valor de 38,3%, podendo, desta forma, de acordo com Magleby e Shertz (1988), ser caracterizado como um preparo conservacionista, pois apresentou índices de cobertura superiores a 30%.

Siqueira (1999), estudando três tipos de preparo do solo, observou menores percentagens de cobertura, quando se comparou os preparos do solo, utilizando o arado de disco e de aiveca com o preparo reduzido.

Levien e Gamero (2000) verificaram que o preparo convencional (arado de disco seguido de duas grades leves) promoveu, em média, redução de 85% na porcentagem de cobertura do solo com aveia preta. Os autores observaram que aos dez dias, após a semeadura do milho, os tratamentos com preparo convencional e plantio direto apresentaram população de plantas superior ao preparo reduzido.

Costa et al. (2003), comparando sistema de preparo (convencional e semeadura direta), verificaram que não houve diferença significativa entre os valores de densidade do solo.

Salvador e Benez (1993) verificaram que, dentre as operações de preparo do solo, aquela realizada com arado de disco exigiu maior demanda de energia, seguida da grade pesada e escarificador, porém o escarificador apresentou tendência de menor consumo de combustível e demanda de potência por unidade de área mobilizada.

Levien et al. (2003), ao avaliarem o desempenho operacional dos métodos de preparo de solo, observaram que a capacidade operacional no preparo reduzido do solo (escarificação) foi três vezes maior, bem como demandou 21% menos potência e 52% menos combustível, por área trabalhada, quando comparado com o preparo convencional.

Rodrigues e Gamero (2006), comparando sistemas de manejo do solo e coberturas vegetais, através da capacidade de campo efetiva, consumo horário e operacional de combustível, verificaram que o sistema semeadura direta foi o que apresentou os melhores índices, independentemente das coberturas vegetais estudadas.

Bertol e Fische (1997), avaliando diferentes sistemas de preparo conservacionista do solo na cultura da soja, verificaram que o escarificador com rolo destorroador promoveu o maior rendimento de grãos, porém o tratamento que obteve a melhor taxa de retorno foi o da semeadura direta.

Stone e Silveira (1999), estudando os efeitos dos sistemas de preparo em um Latossolo Vermelho no feijoeiro, observaram que a maior produtividade foi no plantio direto e se deveu, entre outros fatores, aos menores valores e à menor variação ao longo do ciclo da tensão matricial da água.

Pereira (1996), avaliando a cultura da soja submetida aos sistemas de semeadura direta e convencional, concluiu que o sistema de semeadura direta proporcionou melhor crescimento e produtividade da cultura da soja.

Botta et al. (2006), durante dois anos de pesquisa, comparando o rendimento do girassol em dois métodos de preparo: escarificação a 280 mm e subsolagem a 450 mm de profundidade; e, a testemunha, que foi arado de disco a 180 mm de profundidade, seguido de grade leve, verificaram que o preparo com subsolagem, se diferenciou e obteve maior produtividade, seguido do preparo com escarificação, que não se diferenciou do convencional.

Fernandes et al. (1998), estudando diferentes preparos na cultura do milho, concluíram que o sistema semeadura direta proporcionou maior atividade biológica na profundidade de 0 - 7,5 cm, com melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do

solo e maiores produções de palhada e grãos de milho, em relação ao preparo convencional com arado de disco e aiveca.

Fernandes et al. (2007), estudando diferentes sistemas de manejo na cultura do girassol, verificaram que os valores de produtividade não apresentaram diferenças significativas entre os sistemas de manejo utilizados.

Levien (1999), utilizando-se do mesmo trator JD 6600 e escarificador de sete hastes e largura de ponteira de 8 cm, em Nitossolo Vermelho Distroférico operando na profundidade média de 17 cm, encontrou os seguintes valores para esses parâmetros: velocidade média (2,62 km h⁻¹), força média de tração (38,22 kN), potência média de tração (27,78 kW) e capacidade de campo teórica (0,73 ha h⁻¹).

2.4 Semeadora-adubadora, velocidade e demanda energética

Desde os tempos mais remotos, as operações de preparo de solo eram realizadas com o revolvimento do solo, visando oferecer às sementes as condições que, teoricamente, seriam as melhores para o seu desenvolvimento (BALASTREIRE, 1987).

As semeadoras-adubadoras podem ser providas de diferentes mecanismos dosadores de sementes, sendo os mais utilizados: disco perfurado, rotor acanalado, dedo prensor, copo distribuidor e dosador pneumático. Geralmente, estes mecanismos são posicionados na máquina numa altura distante do solo, fazendo com que as sementes, após serem dosadas, tenham de percorrer uma grande distância em queda livre dentro de um tubo condutor até o solo (SILVA et al., 2000a).

De acordo com Rocha et al. (1998), a altura de queda das sementes afeta o desempenho dos mecanismos dosadores.

Segundo Araújo et al. (1999), a compactação das paredes laterais do sulco de semeadura, proporcionado pelos discos duplos em solos argilosos, úmidos e compactados, representa uma limitação.

Embora os sulcadores de discos duplos apresentem algumas limitações operacionais, principalmente quando se deseja operar em maiores profundidades, pelo fato de mobilizarem menor volume e se adaptarem a diversos tipos de solo, ainda hoje são os modelos mais utilizados no país. Foram introduzidos sulcadores do tipo facão para permitir fertilização

com profundidade que pode atingir até 120 mm na unidade adubadora, associados à sulcadores de discos duplos para na unidade semeadora (COELHO, 1998).

Durante o deslocamento dentro do tubo condutor, as sementes sofrem vibrações provocadas pela movimentação da máquina, o que altera o tempo de queda até o solo e, conseqüentemente, a uniformidade no espaçamento no sulco de semeadura. Essa vibração, associada à possibilidade de ocorrer o repique da semente ao ser descarregada no solo, é fortemente influenciada pela velocidade de operação da semeadora-adubadora (MAHL, 2006).

Pacheco et al. (1996) afirmaram que, quando as sementes são liberadas do mecanismo dosador, adquirem, em queda livre, um componente vertical de velocidade por causa da aceleração da gravidade, e um componente horizontal decorrente da velocidade de avanço da semeadora. O componente horizontal faz com que, normalmente, as sementes rolem ou saltem para fora do local de destino, no momento do impacto com o solo. Levando em consideração essas informações, é sempre desejável que o componente horizontal seja minimizado ou eliminado, de modo que qualquer salto da semente seja essencialmente vertical e que ela seja depositada regularmente no sulco.

Estudando o desempenho de uma semeadora-adubadora para semeadura direta, Oliveira et al. (2000) notaram que o aumento da velocidade apresentou influência significativa sobre o número de sementes por hectare, população final de plantas, profundidade de semeadura e distribuição longitudinal.

Butierres e Caro (1983) e Kurachi et al. (1989) constataram que a uniformidade de distribuição longitudinal das sementes foi uma das características que mais contribuiu para a obtenção de estande adequado de plantas e de uma boa produtividade das culturas.

Fey et al. (2000), avaliando o efeito da velocidade de deslocamento da semeadora, provida de mecanismo distribuidor de sementes (tipo pneumático), verificaram que o aumento da velocidade de operação influenciou, significativamente, na distribuição das plantas. Assim, pode-se ressaltar que não será a troca de uma semeadora por outra de melhor projeto que irá garantir um processo de semeadura ideal, e sim um conjunto de fatores a ser considerado e avaliado antes de sua aquisição.

A distribuição uniforme das sementes na linha de semeadura também contribui para um bom desenvolvimento do estande inicial (KURACHI et al., 1989). A correta dosagem de sementes e fertilizantes pela semeadora é uma importante etapa no processo de

semeadura. O processo eficiente de dosagem de sementes consiste na sua distribuição uniforme, de acordo com os padrões recomendados para a cultura (MERCANTE et al., 2005).

O desempenho das semeadoras, quanto à eficiência de distribuição longitudinal de sementes aceitáveis (0,5 a 1,5 vezes o espaçamento desejado), são classificadas de acordo com Tourino e Klingensteiner (1983) em: desempenho ótimo com 90 a 100%, bom com 75 a 90%, regular com 50 a 75% e insatisfatório abaixo de 50%.

Segundo Reis (2001), o bom desempenho de uma semeadora-adubadora, quanto à precisão de semeadura, é afetado por erros de dosagem, deposição, profundidade e acondicionamento de sementes, dependendo da eficiência de todos os componentes da máquina e não somente do mecanismo dosador.

Devido à grande diversidade de solos, encontrados nas diferentes regiões do país, é inviável que uma máquina possibilite, em todos os casos, um bom contato do solo com a semente (KOAKOSKI et al., 2007), e que, um único mecanismo distribuidor propicie um melhor desenvolvimento inicial da cultura (REIS et al., 2006; REIS et al., 2004).

Santos et al. (2003) observaram que quanto maior a velocidade de deslocamento, menor será a porcentagem de enchimento dos discos dosadores.

Segundo Casão Junior et al. (1999), para avaliar o bom desempenho da semeadora, deve-se obter informações como corte de palha, profundidade de semeadura e aplicação de fertilizantes, volume de solo mobilizado no sulcamento, cobertura do sulco, velocidade de emergência da cultura e população final das plantas.

Mahl et al. (2004), estudando, na semeadura da cultura do milho, a demanda energética e a eficiência da distribuição de sementes de uma semeadora-adubadora para semeadura direta, submetida à variação de velocidade e condições de solo, verificaram que a variação da velocidade não interferiu no estande inicial de plantas.

Ao avaliar o efeito da velocidade de semeadura sobre a população de plantas, distribuição longitudinal e produção de grãos de milho, Fey e Santos (2000), observaram uma relação linear decrescente entre a velocidade média de semeadura e a população de plantas de milho, número de espigas, espaçamentos aceitáveis entre plantas e produtividade de grãos de milho.

Fey et al. (2000), também, afirmaram que o aumento da velocidade, na operação de semeadura de milho, influenciou a uniformidade de distribuição longitudinal de plantas, porém não afetou a população de plantas e a produtividade de grãos.

Mantovani et al. (1992), ao pesquisarem a eficiência operacional de nove semeadoras-adubadoras de milho, observaram que todas as semeadoras foram sensíveis ao aumento da velocidade de deslocamento quanto à uniformidade de distribuição da semente.

Ao avaliarem a população e distribuição de plantas, em 48 propriedades agrícolas e em sistema de semeadura direta, com a cultura do milho, Schimandei et al. (2006), concluíram que o processo de semeadura foi eficiente, quanto à população de plantas desejadas, nas 48 propriedades. Já a grande variabilidade, encontrada na distribuição de plantas, na linha de semeadura, sugere a necessidade de ações de pesquisa e extensão junto aos produtores.

Garcia et al. (2006), estudando a influência da velocidade de deslocamento na semeadura de milho, variando de 3,0 a 9,0 km h⁻¹, verificaram que houve aumento na percentagem de espaçamentos falhos e múltiplos e diminuição de espaçamentos aceitáveis ao se elevar a velocidade de semeadura. A produtividade só foi afetada quando a população de plantas com espigas foi reduzida pelo incremento de velocidade.

Portella et al. (1998) estudaram o efeito da velocidade de trabalho das semeadoras sobre o desempenho de mecanismos dosadores na semeadura de milho. Nessa pesquisa os autores utilizaram 12 semeadoras, estudando quatro velocidades de deslocamento, verificando que o melhor mecanismo foi o dosador alveolado horizontal, na velocidade de deslocamento de 3,7 km h⁻¹.

Furlani et al. (1999), estudando tipos de preparo do solo e velocidades de semeadura, para a cultura do milho, verificaram que o preparo convencional e a menor velocidade (3 km h⁻¹), favoreceram valores maiores da altura das plantas, diâmetro dos colmos e produtividades.

Cortez et al. (2005), Rahman e Chen (2001), Silva et al. (2000b), Lanças e Benez (1988) não encontraram aumento proporcional na força de tração devido ao aumento na velocidade de operação da semeadora. Já Mahl (2006) e Silva et al. (2000b), constataram que houve aumento nos valores da força de tração na maior velocidade.

Furlani et al. (2005b), avaliando o desempenho de um conjunto trator-semeadora-adubadora de quatro linhas, variando as marchas do trator ($5,9 \text{ km h}^{-1}$ e $7,0 \text{ km h}^{-1}$) e o preparo do solo (convencional, reduzido e plantio direto), observaram que a potência e a força de tração na barra, na operação de semeadura, não foram influenciadas pelos fatores marcha do trator e preparo do solo.

Mello et al. (2007), avaliando o espaçamento entre plântulas e a produtividade de dois híbridos de milho (simples e duplo), em função de três velocidades de semeadura ($5,4$; $6,8$ e $9,8 \text{ km h}^{-1}$), em um Latossolo Vermelho Eutroférico, submetido ao preparo convencional, evidenciaram que o aumento da velocidade do conjunto trator/semeadora-adubadora reduziu a produtividade de grãos para o híbrido simples, mas não interferiu na produtividade do híbrido duplo. O aumento da velocidade, na operação de semeadura, reduziu a percentagem de espaçamentos normais entre as plântulas, independentemente do híbrido estudado.

Casão Junior et al. (2000), avaliando o desempenho operacional e a demanda energética de uma semeadora-adubadora MAGNUM 2850 PD, com duas velocidades de trabalho de $4,5$ e $8,0 \text{ km h}^{-1}$, com a finalidade de oferecer subsídios para seu aperfeiçoamento, de acordo com as condições socioeconômicas e edafoclimáticas das propriedades rurais do Paraná, concluíram que quando a velocidade de operação aumentou, a uniformidade de espaçamentos considerados aceitáveis foi prejudicada, o que indica erros de deposição das sementes.

Furlani et al. (2005a), avaliando o desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão, em três sistemas de preparo e em três marchas de trabalho, na cultura do milho, verificaram que no preparo reduzido do solo, a operação de semeadura apresentou maior consumo de combustível, menor velocidade de deslocamento, menor capacidade de campo efetiva e maior patinação. Em preparo convencional e plantio direto, a semeadora-adubadora apresentou bom desempenho, independentemente da marcha utilizada.

Portella e Fagnello (1997), estudando a cultura da soja em plantio direto, observaram que houve redução no índice de emergência de plântulas (número de sementes depositadas/número de plântulas emergidas) de até 18%, com aumento da velocidade de deslocamento, caracterizando ser ao redor de 6 km h^{-1} a melhor velocidade de trabalho de semeadura.

Silva et al. (2000a), estudando o desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho, em quatro velocidades de deslocamento (3, 6, 9 e 11,2 km h⁻¹), num Latossolo Roxo Eutrófico com plantio direto por 12 anos, verificaram que o número de plantas de milho na linha de semeadura foi menor nas maiores velocidades de operação da máquina. A uniformidade dos espaçamentos entre as sementes de milho na linha de semeadura foi considerada excelente para velocidade de 3 km h⁻¹, regular para 6 e 9 km h⁻¹ e insatisfatória para 11,2 km h⁻¹. As velocidades da semeadora-adubadora de até 6 km h⁻¹ propiciaram maiores estandes de plantas e número de espigas por metro e foram responsáveis pelos maiores rendimentos de grãos.

Ao avaliarem a eficiência operacional de nove semeadoras-adubadoras de milho, Mantovani et al. (1992) observaram que as velocidades ensaiadas, independente do equipamento, não apresentaram efeito significativo sobre a profundidade de plantio.

Tritin et al. (2005), avaliando a demanda energética solicitada por uma semeadora-adubadora para semeadura direta, submetida a três velocidades de deslocamento, em Latossolo Vermelho Distrófico, constataram o efeito da velocidade sobre o consumo horário de combustível, a potência média e a máxima e capacidade operacional. Os autores não observaram efeito da velocidade para a força de tração média e máxima e patinação do rodado traseiro.

Furlani et al. (2004), avaliando o desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão, em condições de campo, empregando três métodos de preparo do solo, verificaram que os valores de força e pico de força de tração na barra, patinação dos rodados motores e consumo de combustível foram maiores no preparo com escarificador do que os obtidos no preparo convencional e na semeadura direta. Os autores também observaram que a capacidade de campo efetiva foi maior na semeadura direta em relação aos demais tratamentos.

Oliveira (1997), estudando dois tipos de solo e três coberturas vegetais, no desempenho do conjunto trator/semeadora-adubadora, observou um incremento na demanda de potência e no consumo horário de combustível com o aumento da velocidade de deslocamento de 5,0 para 7,0 km.h⁻¹, tanto para o Latossolo quanto para o Argissolo.

Ao avaliarem o desempenho de uma semeadora-adubadora de fluxo contínuo, Furlani et al. (2002), concluíram que a potência exigida na barra foi maior no preparo do solo escarificado do que no preparo convencional e no plantio direto.

Levien (1999), estudando condições de cobertura e métodos de preparo do solo para implantação da cultura do milho, observou que a força de tração média exigida na semeadura do milho foi significativamente superior no preparo reduzido (8,54 kN), seguido do convencional (7,76 kN) e semeadura direta (6,74 kN). A potência média foi maior no preparo reduzido (11,5 kN) e menor na semeadura direta (9,9 kN), ficando o convencional (10,7 kN) em posição intermediária.

Silva et al. (2000b) verificaram que a força de tração média requerida na barra de tração de uma semeadora não sofreu variação significativa com a variação da velocidade e que, o maior requerimento de força de tração ocorreu na maior velocidade de deslocamento.

Silveira et al. (2005c), avaliando a demanda de potência e a força de tração de uma semeadora-adubadora, na implantação da cultura do milho safrinha sob semeadura direta, verificaram que o aumento na velocidade de deslocamento não afetou a profundidade do sulco, a força de tração média e específica, mas a profundidade de deposição das sementes foi afetada. As demandas de potências médias por unidade de semeadura e específicas foram afetadas pelo aumento na velocidade de deslocamento.

Ao avaliarem o desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão, em função do preparo do solo e das velocidades de deslocamento Furlani et al. (2008) observaram que no sistema plantio direto, a maior velocidade (6 km h⁻¹) demandou maior força, potência e consumo horário de combustível.

Vieira e Reis (2001) afirmaram que a velocidade de deslocamento ideal para a semeadura é aquela em que o sulco é aberto e fechado sem remover exageradamente o solo, permitindo distribuir as sementes com espaçamentos e profundidades constantes.

Bortolotto et al. (2006), avaliando a demanda energética requerida por uma semeadora-adubadora disponível comercialmente para semeadura direta, submetida a quatro velocidades de deslocamento (4,7; 5,4; 6,5 e 7,2 km h⁻¹) na implantação da cultura da soja, verificaram que a força de tração média, a potência média e o consumo horário de combustível, foram maiores com o aumento da velocidade.

Furlani et al. (2004), estudando diferentes velocidades na operação de semeadura do milho, verificaram que a produtividade se apresentou melhor em velocidades menores como 3 e 5 km h⁻¹.

Silveira et al. (2005b), estudando o requerimento de força de tração em duas velocidades de deslocamento e duas profundidades de deposição de sementes de uma semeadora de fluxo contínuo com 14 linhas, na semeadura da aveia preta, verificaram que o aumento da velocidade de deslocamento de $5,24 \text{ km h}^{-1}$ para $7,09 \text{ km h}^{-1}$, provocou acréscimo de 6,90% no requerimento de força de tração na barra.

Entretanto, Silva et al. (2000b) concluíram que a uniformidade de distribuição de sementes não foi influenciada pela velocidade de deslocamento na implantação de culturas de milho e soja. Klein et al. (2002), apresentaram resultados semelhantes e afirmaram que o aumento de velocidade não afetou o porcentual de espaçamentos duplos e falhos e nem a produtividade.

Fey et al. (2000) constataram, também, que o aumento da velocidade de deslocamento, na operação de semeadura para a cultura do milho, influenciou a uniformidade de distribuição longitudinal de plantas, não afetando a população de plantas e a produtividade de grãos. Tais resultados reforçam o consenso entre os pesquisadores (DELAFOSSÉ, 1986; FEY et al., 2000; SILVA et al., 2000b; MAHL et al., 2004), de que a elevação da velocidade de semeadura reduz a qualidade da distribuição de sementes. A exceção, encontrada na revisão bibliográfica, é a conclusão obtida por Silva (2000).

Branquinho et al. (2004), estudando três manejos (triturador de palhas tratorizado, rolo-faca e herbicida) com duas velocidades de deslocamento da semeadora-adubadora ($5,2$ e $7,3 \text{ km h}^{-1}$), observaram que não houve diferença na decomposição da massa de milheto após os manejos e que esses, juntamente com a velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora, não influenciaram no número de dias para a emergência das plântulas de soja e na distribuição longitudinal das sementes. A capacidade de campo efetiva da semeadora-adubadora foi maior na velocidade mais alta. O rendimento de grãos não diferiu significativamente nos tratamentos estudados.

Mantovani et al. (1992) afirmaram que o tratamento fitossanitário de sementes ocasionava alterações na distribuição de sementes por disco perfurado horizontal, devido ao fato de que os principais produtos do mercado conferiam certa aderência às sementes, conseqüentemente, afetava o desempenho desse sistema.

Jasper et al. (2006) afirmaram que o tratamento fitossanitário aumentava os espaçamentos falhos e múltiplos e reduzia os espaçamentos aceitáveis. Assim, o emprego de grafite reduz os espaçamentos falhos e múltiplos e eleva os espaçamentos aceitáveis.

Butierres e Caro (1983) e Kurachi et al. (1989) constataram que a uniformidade de distribuição longitudinal das sementes é uma das características que mais contribui para a obtenção de estande adequado de plantas e de uma boa produtividade das culturas.

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

Os sulcadores, como o próprio nome indica, são ferramentas destinadas a abrir sulcos no solo para a colocação da semente, dos adubos ou mesmo dos defensivos agrícolas, a uma profundidade adequada para cada espécie vegetal, mantendo entre estes as distâncias pré-estabelecidas (BALASTREIRE, 1987).

Branquinho et al. (2004), constaram que a distribuição longitudinal de sementes não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Porém, nota-se que os espaçamentos aceitáveis possuíam média de 44,8%, os falhos 23,1% e os múltiplos 32,1%; isso se assemelha aos dados de Klein et al. (2002), demonstrando que menos da metade das sementes foi depositadas com espaçamentos adequados.

Estudando o desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão na semeadura de milho em preparo convencional de solo e em semeadura direta, Levien et al. (1999), não encontraram diferença de força de tração na operação de semeadura em função dos diferentes manejos da vegetação espontânea (plantas daninhas). O valor médio obtido foi de 8,5 kN (quatro linhas de semeadura e mecanismo de deposição de adubo tipo disco duplo concêntrico), sendo 2,2 kN por linha.

Mahl et al. (2004), ao realizarem semeadura com seis linhas, estas espaçadas com 0,45 m, em três velocidades de deslocamento (4,4; 6,1 e 8,1 km h⁻¹), constataram que a variação da velocidade interferiu no desempenho do conjunto, pois

conforme houve acréscimo na velocidade, houve aumento na capacidade operacional e redução no consumo de combustível por área trabalhada de 86% e 26% respectivamente.

Marques (2002) encontrou valores médios de 19,53; 22,97 e 20,30 kN de exigência de força de tração na operação de semeadura de soja (seis linhas), em preparo convencional, plantio direto e preparo reduzido, respectivamente.

Levien et al. (1999) obtiveram média de 2,1 ha h⁻¹ de capacidade de campo e 5,90 L ha⁻¹ de consumo de combustível por área trabalhada.

Siqueira et al. (2001), trabalhando com semeadora-adubadora (semeadura direta) de seis linhas e haste parabólica, obtiveram 13,14 kN de exigência de força de tração na barra. Marques (2002), encontrou valores de 8,47 kN de força de tração na barra para semeadora de quatro linhas, com mecanismo de deposição de adubo tipo disco duplo concêntrico.

A força de tração na barra requerida por linha de semeadura está na faixa de 1,1 a 2,0 kN (AMERICAN, 1996). Silva (2000) constatou que, na semeadura direta de milho (quatro linhas), os maiores valores de força de tração (16,12 kN) ocorreram na maior velocidade. Na média do ensaio, o autor encontrou 1,65 kN (semeadura da soja) e 2,92 kN (semeadura de milho) de exigência de força de tração na barra por linha.

Avaliando-se a força de tração de uma semeadora de fluxo contínuo com 14 linhas, na semeadura da aveia preta com duas profundidades de deposição de sementes e duas velocidades (5,24 km h⁻¹ e 7,09 km h⁻¹ em plantio direto, Silveira et al. (2005a), constataram que com o aumento da profundidade de deposição de sementes de 1,97 para 2,68 cm, o requerimento de força de tração, também aumentou, de 3,78 para 5,51 kN.

Lopes et al. (2005), ao utilizarem um escarificador de sete hastes, trabalhando na profundidade média de 30 cm, acoplado a um trator, com potência de 88,2 kW, encontraram uma potência média na barra de tração de 22,66 kW, trabalhando na velocidade 3,18 km h⁻¹. Ao comparar o sistema de semeadura direta com os preparos convencional e reduzido, Nagaoka e Nomura (2003) verificaram que o consumo horário de combustível na semeadura foi de 4,6 L h⁻¹, mostrando a vantagem desse método em relação aos demais para a semeadura de milho.

Mahl (2006) encontrou, em média, 12% de aumento no consumo horário de combustível para cada km h⁻¹ de aumento na velocidade de deslocamento, na operação de semeadura. Resultado semelhante foi obtido por Furlani et al. (2007), que estudando desempenho operacional de semeadora-adubadora em diferentes manejos da

cobertura e velocidade, constataram um aumento do consumo horário de combustível de 6,8%, da velocidade de deslocamento 4,0 para a de 5,0 km h⁻¹, e 11,5% de 5,0 para 6,0 km h⁻¹.

Oliveira et al. (2000) observaram diferença no consumo horário e operacional de combustível ao variar a velocidade de deslocamento. Para o consumo operacional, os maiores valores foram verificados na velocidade de 5 km h⁻¹. Esse valor na menor velocidade justifica-se pela redução da capacidade operacional do conjunto trator-semeadora em relação à maior velocidade.

Andreolla e Gabriel Filho (2006), avaliando a potência requerida na barra de tração do trator por uma semeadora com dois tipos de elementos sulcadores (haste ou discos duplos), na semeadura da soja, verificaram que a semeadora com sulcadores tipo disco exerceram menor força de tração, e maior velocidade de deslocamento do conjunto. A semeadora equipada com o sulcador de haste necessitou de maior força de tração em relação à de disco duplo, com aumento de cerca de 4,35 vezes. Mantidas as mesmas marcha e rotação inicial do motor, ocorreu diminuição de 6,4% na velocidade do conjunto com sulcador de haste em relação àquele com disco. A potência requerida na barra de tração foi maior na semeadora com sulcador de hastes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Localização da área experimental

O experimento foi instalado e conduzido em área da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP – Botucatu, SP, localizada geograficamente nas coordenadas 22°49' Latitude Sul e 48°25' Longitude Oeste, com altitude média de 786 m, declividade entre 2 a 6 % com exposição oeste, no período de dezembro de 2007 a maio de 2008. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo CWa, subtropical, com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. A precipitação média anual é de 1.400 mm com temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e a do mês mais frio entre 3 e 18 °C.

A área experimental vinha sendo cultivada em sistema semeadura direta desde 1997, por meio de rotação de culturas com aveia preta (safra de inverno), soja (safra de verão), triticale (safra de inverno) e milho (safra de verão). O presente trabalho foi conduzido sob restevas da cultura do milho (safra de verão) seguido de aveia preta (safra de inverno).

3.1.2 Caracterização do solo e índice pluviométrico

O solo da área experimental está classificado, segundo EMBRAPA (2006), como Nitossolo Vermelho Distroférrico. A Tabela 1 apresenta a distribuição granulométrica do solo na camada de 0-200 mm de profundidade e a Tabela 2, parâmetros de propriedades físicas do solo nas camadas de 0-200 mm. Na Tabela 3 são apresentados resultados da análise química do solo, nas camadas de 0-200 mm e de 200-400 mm de profundidade antes da implantação do experimento. A Tabela 4 apresenta valores médios de resistência do solo à penetração (MPa) antes da semeadura do sorgo e a Tabela 5, teor de água no solo no momento da determinação da resistência do solo à penetração.

Tabela 1. Distribuição granulométrica do solo da área experimental.

Profundidade (mm)	Areia			Argila	Silte	Textura do Solo
	Grossa	Fina	Total			
	-----g kg ⁻¹ -----					
0-200 mm	31	112	143	506	351	Argilosa

Tabela 2. Propriedades e características físicas do solo.

Propriedade do solo	Resultado
Limite de liquidez (%)	42,22
Limite de plasticidade (%)	29,79
Índice de liquidez	11,01
Porosidade total (%)	52,23
Densidade de partículas (g cm ⁻³)	2,84
Densidade do solo: 0-10 (g cm ⁻³)	1,30
Densidade máxima do solo: 10-20 (g cm ⁻³)	1,45
Teor de água ótimo - proctor (g kg ⁻³)	32,05
Densidade do solo - proctor (g cm ⁻³)	1,32

Tabela 3. Resultados de análises químicas do solo antes da implantação do experimento, nas camadas de 0-200 e de 200-400 mm de profundidade.

Profundidade (mm)	pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----								mg dm ⁻³
0 – 200	5,8	24	28	0	20	2,1	57	29	88	109	81	19
200 – 400	5,4	18	60	1	32	2,1	40	18	61	93	65	9

Profundidade (mm)	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----mg dm ⁻³ -----				
0 – 200	0,25	9,8	18	52,2	2,7
200 – 400	0,25	8,5	22	55,1	2,2

Tabela 4. Valores médios de resistência do solo à penetração (MPa) antes da semeadura do sorgo.

Profundidade (mm)	Sistemas de manejo			
	SD	GP	CR	GPL
0-50	1,20 A	0,99 A	0,33 B	0,46 B
50-100	2,17 A	1,59 A	0,49 C	1,12 B
100-150	2,20 A	2,12 A	1,55 B	1,66 B
150-200	2,20 A	2,41 A	1,39 B	2,10 A
200-250	2,42 A	2,41 A	1,59 B	2,17 A
250-300	2,53 A	2,43 A	1,89 B	2,23 A
300-350	2,81 A	2,64 A	2,11 B	2,29 A
350-400	2,84 A	2,74 A	2,20 B	2,36 A
400-450	2,85 A	2,83 A	2,27 B	2,43 A
450-500	2,95 A	2,81 A	2,33 B	2,40 A
500-550	2,81 A	2,86 A	2,34 B	2,48 A

DMS sistemas de manejo = 0,42; CV sistemas de manejo (%) = 33,20. SD = Semeadura direta, GP = Grade pesada + semeadura, GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

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

Camada (mm)	Teor de água (g kg^{-1})
0-100	270,95
100-200	270,86
200-300	270,35

O índice pluviométrico durante a condução do experimento foi de 664 mm de água. Sendo que no mês de dezembro foi de 244 mm, janeiro de 164 mm, fevereiro de 116 mm, março 90 mm, abril 50 mm.

3.1.3 Defensivo agrícola utilizado antes da instalação do experimento*

As seguintes espécies vegetais presentes na área foram: *Acanthospermum hispidum* L. (carrapicho de carneiro), *Commelina benghalensis* L. (trapoeraba), *Cenchrus echinatus* L. (carrapicho), *Euphorbia heterophylla* L. (amendoim-bravo), *Leonotis nepetifolia* (cordão-de-frade), *Braquiaria plantaginea* (capim marmelada) e *Raphanus sativus* L. (nabiça).

Foi utilizado para o controle dessas plantas daninhas, o seguinte defensivo agrícola na instalação do experimento: Herbicida Glifosate (Roundup WG, 720 g kg^{-1}) para dosagem de 2,0 kg ha^{-1} , volume de calda de 210 L ha^{-1} .

3.1.4 Materiais utilizados para coleta de amostras para caracterização do solo

3.1.4.1 Determinação do teor de água e da densidade do solo

Para a coleta de amostras e determinação do teor de água e densidade do solo foram utilizados: enxadão, cápsulas de alumínio, fita adesiva e etiquetas para identificação do material coletado, sacos plásticos, parafina, vidrarias, barbante, balança digital de precisão de 0,01g e estufa elétrica com temperatura de 105 °C.

* As marcas comerciais citadas não implicam em recomendação pelo autor.

3.1.4.2 Determinação da massa seca da cobertura vegetal

Para a coleta de amostras foram utilizados: faca serrilhada, sacos de papel previamente identificados, estufa elétrica e balança digital de precisão de 0,001 g.

3.1.4.3 Determinação da porcentagem de cobertura do solo

Para determinação da porcentagem de cobertura foi utilizado uma corda com 100 pontos, com 15000 mm, espaçados cada ponto a distância de 150 mm, onde cada ponto representa 1% de cobertura.

3.1.4.4 Determinação da resistência do solo à penetração

Para a determinação da resistência do solo à penetração, foi utilizado um penetrógrafo, com haste de cone padronizado pela ASAE (1996), com ângulo de 30°, profundidade máxima de 600 mm, resistência máxima admissível de 76 MPa e cartões padronizados para registrar os dados.

3.1.5 Equipamentos e insumos agrícolas

3.1.5.1 Máquinas agrícolas

3.1.5.1.1 Tratores

Para a condução do experimento, foram utilizados os seguintes tratores:

- Trator marca Ford New Holland, modelo 3030 (4x2), potência no motor de 38,5 kW (52 cv): utilizado na operação de dessecação da vegetação existente na área experimental antes da semeadura do experimento e também para a pulverização de inseticida, durante o ciclo da cultura;

- Trator marca John Deere, modelo 6600, com potência no motor de 89 kW (121 cv) e tração dianteira auxiliar (4x2 TDA): utilizado na operação de preparo e semeadura do sorgo na área experimental.

3.1.5.1.2 Equipamentos agrícolas

Foram utilizados os seguintes equipamentos agrícolas:

- Grade de discos pesada marca Marchesan, de arrasto, tipo deslocada, modelo GASPCR/10, com discos recortados de 32” e largura de trabalho de 1700 mm, com controle remoto para a regulação da profundidade de trabalho e levante através do sistema hidráulico;

- Grade de discos leves marca Marchesan, de arrasto tipo deslocada, modelo GNL, com 32 discos de 20” e largura de trabalho de 2550 mm;

- Escarificador da marca Jan, modelo Jumbo Matic JMHD-7, de arrasto, levante no sistema hidráulico; equipado com sete hastes protegidas com sistema de segurança por mola plana, espaçadas a 350 mm, ponteiros de 60 mm de largura, 430 mm de comprimento, e ângulo de 24° com a horizontal; conjugado com discos de corte flutuantes de 457 mm (18”) inseridos à frente de cada haste; cilindro destorroador/nivelador na parte posterior, com largura de 2.800 mm e massa de 1.075 kg;

- Pulverizador marca Jacto, modelo Condor M12-75, tanque com capacidade para 600 L de calda, barra com 12 m de comprimento, 24 bicos (tipo leque), espaçados com 0,5 m, tendo a pressão do manômetro de 40 libras pol^{-2} : utilizado para dessecação da vegetação existente na área experimental antes da semeadura da cultura do sorgo; sendo que para a aplicação de inseticida, usou-se bicos (tipo cone), com a pressão do manômetro para 50 libras pol^{-2} ;

- Triturador de resíduos vegetais marca Jan, modelo Tritton 2300, com largura de corte de 2,3 m, equipado com 32 pares de facas curvas oscilantes e reversíveis;

- Semeadora-adubadora de fluxo contínuo, para semeadura direta, marca SEMEATO, Modelo PHS1517, de 17 linhas, espaçadas à 170mm, equipada com reservatório de semente para 385kg e de adubo para 576 kg.

Para a regulagem da semeadora-adubadora, foram levados em conta os resultados obtidos nas análises do solo e da semente, considerando o seu grau de pureza e poder germinativo. A semeadura foi realizada a 30 mm de profundidade.

3.1.5.2 Insumos agrícolas

3.1.5.2.1 Caracterização do híbrido de sorgo utilizado

O híbrido de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench) utilizado foi o BRS 610, com ciclo normal, em torno de 130 a 150 dias. Sendo semeado na quantidade de 12 kg h⁻¹.

3.1.5.2.2 Fertilizantes

Durante a condução do experimento, foram utilizadas as seguintes quantidades de fertilizantes conforme a análise do solo:

- 300 kg ha⁻¹ de fertilizante com formulação 08-28-16 no momento da semeadura.

- 200 kg ha⁻¹ de adubação em cobertura com uréia (45-0-0).

3.1.5.2.3 Defensivo agrícola utilizado após a instalação do experimento

Foi utilizado o seguinte defensivo agrícola após a instalação do experimento:

- Aplicação com o inseticida deltamethrin (Decis 25 CE, 25 g L⁻¹ i.a.) na dosagem de 0,38 L ha⁻¹ para controle das pragas presentes no local do experimento.

3.1.6 Materiais utilizados para coleta de dados dos parâmetros de avaliação energética e operacional

3.1.6.1 Sistema eletrônico de aquisição de dados

Para a aquisição e monitoramento dos sinais obtidos pelos sensores instalados nos rodados pneumáticos, no sistema de alimentação de combustível e na barra de tração, foi utilizado um painel com instrumentos eletrônicos indicadores, além de um indicador de força instantânea tipo “MICRO-P”, como pode ser observado na Figura 1.



Figura 1. Vista do painel com instrumentos eletrônicos indicadores dos dados coletados para a realização do experimento. (Fonte: Seki, A.S, 2007).

3.1.6.2 Determinação da área de solo mobilizado

Foi utilizado um perfilômetro em madeira, composto por 37 hastes de 500 mm, espaçadas em 50 mm para avaliar a área de solo mobilizado.

3.1.6.3 Determinação da profundidade de semeadura

Na determinação da profundidade de semeadura foram utilizados faca, enxadão e régua graduada em milímetro.

3.1.6.4 Determinação do consumo horário e operacional de combustível

O consumo horário de combustível foi determinado, utilizando um fluxômetro da marca “Flowmate” oval, modelo M-III (Figura 2), instalado próximo ao filtro de combustível do trator, com precisão de 0,01 mL. A cada mL de combustível, consumido pelo trator, que passava pelo mecanismo, era registrada uma unidade de pulso.



Figura 2. Fluxômetro instalado no trator para determinação do consumo de combustível (acoplamento ao sistema de aquisição de dados (1), fluxômetro (2) e filtro de combustível (3). (Fonte: Seki, A.S, 2007).

3.1.6.5 Determinação de força de tração na barra

A determinação da força na barra de tração foi obtida através de uma célula de carga de marca “Sodmex”, modelo N-400, com capacidade de 100.000 N e

sensibilidade de 2,16 mV/V, instalada numa estrutura metálica (“berço”) entre o trator e o equipamento tracionado (Figura 3).

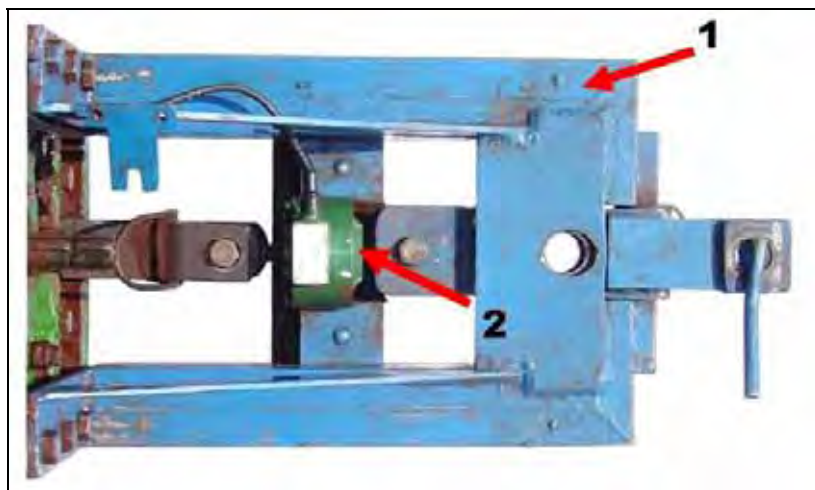


Figura 3. Conjunto utilizado para a determinação da força de tração na barra (suporte metálico) “berço” (1) e célula de carga (2). (Fonte: Seki, A.S, 2007).

3.1.7 Materiais utilizados para avaliação dos parâmetros avaliados após a semeadura

3.1.7.1 Avaliações na cultura do sorgo

Para avaliar a população de plantas, profundidade de deposição de sementes, altura de plantas, diâmetro do colmo, massa verde e seca da parte aérea, massa de mil grãos de sorgo, produtividades de massas verde e seca, foram utilizados uma régua graduada em centímetros (3000 mm), planilha de anotações, paquímetro eletrônico de precisão de 0,1 mm, sacas de ráfia, trilhadora, balança digital de precisão de 0,01 g e estufa regulada para 105 °C.

3.2 Métodos

3.2.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, sendo 4 preparos: SD (Semeadura direta); GP (Gradagem Pesada + semeadura); GPL (Gradagem pesada + duas gradagens leves + semeadura) e CR (Cultivo reduzido e semeadura) e 4 velocidades: 3, 5, 6 e 9 km h⁻¹, sendo os dados submetidos à análise de variância e comparados por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. O croqui da área experimental pode ser observado na Figura 4.

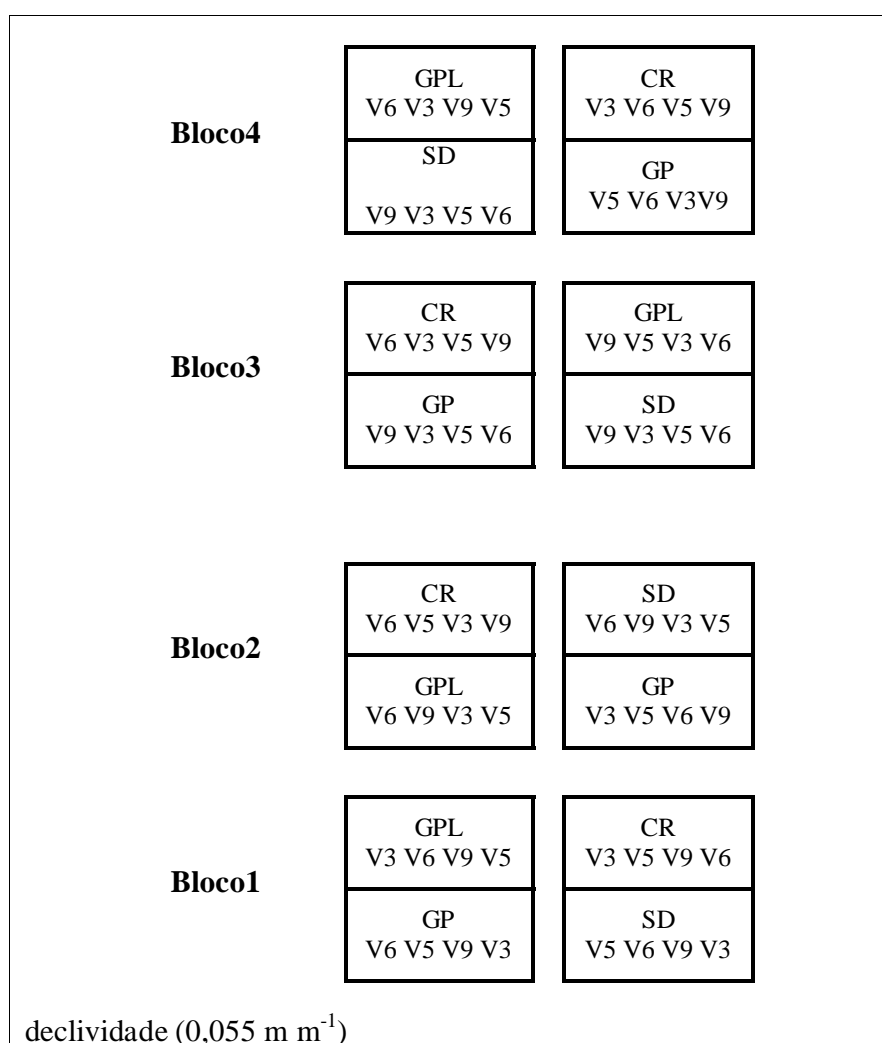


Figura 4. Croqui da área experimental.

3.2.2 Instalação e condução do experimento

Cada unidade experimental apresentou 20 m de comprimento e largura de 10 m, sendo que, entre os blocos foi deixado um carreador com 50 m de largura a fim de permitir as manobras e estabilização dos equipamentos antes do início das coletas dos dados. O cronograma das atividades realizadas durante a condução do experimento encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6. Cronograma das atividades realizadas durante a condução do experimento.

Data (mês / ano)	Atividade
12/07	Amostragem de solo para análise de fertilidade.
12/07	Montagem do teste de germinação em laboratório para o híbrido de sorgo a ser utilizado no experimento.
12/07	Dessecação da massa vegetal existente.
12/07	Demarcação das parcelas experimentais.
12/07	Amostragem de solo para determinação de parâmetros físicos e de textura.
12/07	Amostragem de dados de teor de água no solo e resistência do solo à penetração.
12/07	Regulagem da semeadora-adubadora, Instrumentação do trator e da semeadora-adubadora.
12/07	Coleta de dados de porcentagem de cobertura do solo antes da operação de semeadura.
12/07	Coleta de amostras de material vegetal para determinação de matéria seca.
12/07	Dessecação da massa vegetal existente na área experimental para semeadura do sorgo.
12/07	Semeadura do sorgo.
12/07	Coleta de dados de teor de água no solo.
12/07	Coleta de dados, de consumo de combustível, força de tração na barra e velocidade de deslocamento.
12/07	Coleta de dados de área de solo mobilizado e profundidade do sulco.
12/07	Coleta de dados de profundidade de deposição de sementes.
12/07	Início da contagem de emergência de plântulas.
01/08	Pulverização com inseticida.
01/08	Aplicação de adubação de cobertura.
02/08	Pulverização com inseticida.
04/08	Coleta de dados de estande final de plantas, diâmetro do colmo, e altura de plantas de sorgo.
05/08	Colheita do sorgo, massa de mil grãos, massa verde e massa seca da parte aérea, produtividade de massa verde e massa seca. Ensilagem, pesagem e determinação do teor de água.

3.2.3 Métodos de determinação dos parâmetros de caracterização do solo

3.2.3.1 Determinação do teor de água e da densidade do solo

O teor de água no solo foi determinado pelo método gravimétrico, conforme Embrapa (1997). As amostras de solo na semeadura do sorgo foram coletadas nas camadas de 0-100, 100-200 e 200-300 mm de profundidade, realizando-se quatro repetições por bloco experimental. O solo foi coletado com o uso de enxadão e, posteriormente, acondicionado em cápsula de alumínio vedada com fitas adesivas para transporte ao laboratório, sendo então pesadas em balança digital de precisão de 0,01 g e levadas à estufa elétrica, com temperatura de aproximadamente 105 °C por 24 horas, sendo que após este processo foram submetidas à nova pesagem.

Para a determinação da densidade do solo foram coletadas quatro amostras por bloco experimental nas camadas de 0-100 e 100-200 mm de profundidade do solo, que foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados, levadas até o laboratório, onde a densidade do solo foi obtida pelo método do torrão parafinado, de acordo com a metodologia descrita no Manual de Métodos de Análise do Solo (EMBRAPA, 1997).

3.2.3.2 Determinação da massa seca da cobertura vegetal

Para a avaliação da cobertura vegetal, foram coletadas aleatoriamente, quatro amostras por bloco experimental de material vegetal presente na superfície do solo no período de cinco a seis semanas antes da semeadura do sorgo, em virtude da alta incidência de chuvas nesse período. As amostras foram retiradas, cortando-se, com faca serrilhada, o material existente na área do quadrado de madeira. Para a coleta de amostras, conforme a metodologia descrita por Chaila (1986), foi utilizado um quadrado de madeira com dimensões de 500 mm x 500 mm (25000 mm²) colocado aleatoriamente na área experimental. O material colhido na área do quadrado foi colocado em sacos de papel, levado à estufa com circulação forçada de ar e temperatura de 65 °C e deixado por um período de pelo menos 24 h. Após a secagem, o material foi pesado em balança digital de precisão de 0,01 g, cujos valores foram transformados em kg ha⁻¹.

3.2.3.3 Determinação da porcentagem de cobertura do solo

Para a determinação da porcentagem de cobertura foi seguida a metodologia descrita por Laflen et al. (1981), fazendo-se uma contagem nas direções diagonais de cada parcela experimental, antes e após a passagem da semeadora-adubadora. Para se obter o percentual de cobertura vegetal, foi realizada a contagem dos pontos sem cobertura vegetal e subtraiu-se de 100. Essa porcentagem foi obtida pela equação 1:

$$PMC = PC_{ds} 100 PC_{as}^{-1} \quad (1)$$

Onde:

PMC = porcentagem de manutenção de cobertura na superfície do solo (%);

PC_{ds} = porcentagem de cobertura na superfície do solo depois da semeadura (%);

PC_{as}⁻¹ = porcentagem de cobertura na superfície do solo antes da semeadura (%).

3.2.3.4 Determinação da resistência do solo à penetração

A resistência mecânica do solo à penetração antes e após a colheita do sorgo foi determinada com a utilização do penetrógrafo nas profundidades de 0-50, 50-100, 100-150, 150-200, 200-250, 250-300, 300-350, 350-400, 400-450, 450-500, 500-550 mm.

3.2.3.5 Determinação granulométrica e análises químicas do solo

Foram coletadas quatro amostras simples de solo, para análise granulométrica de 0-200 e 200-400 mm de profundidade, para análise química, por bloco experimental, formando uma amostra composta, que foi encaminhada ao Laboratório de Análise Química do Departamento de Recursos Naturais – Setor de Ciência do Solo da FCA/UNESP. A análise granulométrica consiste em determinar as frações de areia, silte e argila. A análise química consiste em determinar os níveis dos elementos do solo. As análises seguiram a metodologia descrita no Manual de Métodos de Análise do Solo (EMBRAPA, 1997) e descritas por Raij et al. (2001).

3.2.4 Métodos de determinação dos parâmetros energéticos e operacionais

3.2.4.1 Velocidade média do trator

A velocidade média do trator foi determinada através da relação entre a distância e o tempo gasto para percorrer a parcela de 20 metros. O tempo gasto foi obtido com um cronômetro. A velocidade média foi calculada pela equação 2 (GAMERO; LANÇAS, 1996):

$$V_m = \frac{\Delta d}{\Delta t} \cdot 3,6 \quad (2)$$

Onde:

V_m = velocidade média do trator (km h^{-1});

Δd = distância (m);

Δt = tempo de percurso na parcela (s);

3,6 = fator de conversão.

3.2.4.2 Patinagem do trator em operação

A percentagem de patinagem das rodas motrizes foi estimada, utilizando-se os tempos de percurso na parcela, com e sem carga (GAMERO; LANÇAS, 1996). A percentagem de patinagem foi calculada pela equação 3:

$$P_{at} = \left(\frac{T_{cc} - T_{sc}}{T_{cc}} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

Onde:

P_{at} = Patinagem do trator (%);

T_{cc} = tempo do trator com carga (s);

T_{sc} = tempo do trator sem carga (s).

3.2.4.3 Força média de tração na barra

A força média de tração na barra foi calculada utilizando-se as forças obtidas no percurso da parcela (GAMERO; LANÇAS, 1996), sendo calculada pela equação 4:

$$F_{tm} = \frac{\sum F_i}{n} \quad (4)$$

Onde:

F_{tm} = força de tração média (N);

$\sum F_i$ = somatório da força de tração instantânea (N);

n = número de dados registrados.

3.2.4.4 Potência média na barra de tração

A potência média na barra de tração foi calculada através do produto da força de tração média requerida e a velocidade média do conjunto trator-equipamento, pela equação 5 (GAMERO; LANÇAS, 1996):

$$P_m = F_{tm} \cdot V_m \quad (5)$$

Onde:

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

F_{tm} = força de tração média (N);

V_m = velocidade média do conjunto trator-equipamento ($m s^{-1}$).

3.2.4.5 Capacidade de campo teórica do conjunto trator-equipamento

A capacidade de campo teórica do conjunto trator-equipamento foi determinada através da multiplicação da largura do equipamento pela velocidade de trabalho. A capacidade de campo teórica foi calculada pela equação 6 (GAMERO; LANÇAS, 1996):

$$C_{ct} = L_t \cdot V_m \cdot 0,36 \quad (6)$$

Onde:

C_{ct} = capacidade de campo teórica (ha h⁻¹);

L_t = largura de trabalho do equipamento (m);

V_m = velocidade média de trabalho (m s⁻¹);

0,36 = fator de conversão.

3.2.4.6 Consumo horário de combustível

Determinou-se o consumo horário de combustível, utilizando-se um fluxômetro instalado próximo ao filtro de combustível do trator registrando unidades de pulsos que correspondiam o consumo em mL. Para realização do cálculo em L h⁻¹ foram utilizados a quantidade de pulsos e o tempo gasto para percorrer a parcela. O consumo horário foi calculado pela equação 7 (GAMERO; LANÇAS, 1996):

$$C_h = \frac{\Sigma p \cdot 3,6}{\Delta t} \quad (7)$$

Onde:

C_h = consumo horário (L h⁻¹);

Σp = somatório de pulsos equivalentes ao gasto em mL para percurso na parcela;

Δt = tempo de percurso na parcela (s);

3,6 = fator de conversão.

3.2.4.7 Consumo operacional de combustível

Determinou-se o consumo operacional de combustível ou consumo de combustível por unidade de área trabalhada, pela relação entre o consumo horário de combustível e a capacidade de campo teórica. O consumo operacional de combustível foi calculado pela equação 8 (GAMERO; LANÇAS, 1996):

$$C_{oc} = \frac{C_{hc}}{C_{ct}} \quad (8)$$

Onde:

C_{oc} = consumo operacional de combustível (L ha⁻¹);

C_{hc} = consumo horário de combustível (L h⁻¹);

C_{ct} = capacidade de campo teórica (ha h⁻¹).

3.2.5 Profundidade do sulco e área de solo mobilizada pelos sistemas de manejo

Para o cálculo da profundidade do sulco e área de solo mobilizada, utilizou-se um perfilômetro de madeira, que foi colocado transversalmente no início das parcelas. Os perfis foram determinados antes do preparo, após o uso do equipamento e depois da retirada do solo. No final das parcelas foram lidos os perfis mobilizados após o uso da grade pesada do escarificador e da grade leve. A profundidade do sulco foi calculada pela equação 9 (GAMERO; LANÇAS, 1996):

$$P_m = \sum \frac{P_n - P_f}{n} \quad (9)$$

Onde:

P_m = profundidade do sulco (cm);

P_n = valor do perfil da superfície natural do solo para cada ponto do perfilômetro (cm);

P_f - valor do perfil da superfície final do solo para cada ponto do perfilômetro (cm);

n = número de leituras (varetas do perfilômetro).

A área de solo mobilizada foi calculada pela equação 10:

$$A_m = L_c \cdot P_m \quad (10)$$

Onde:

A_m = área de solo mobilizada, cm^2 ;

L_c = largura de corte, cm;

P_m = profundidade do sulco, cm.

3.2.5.1 Profundidade do sulco pelos mecanismos sulcadores da semeadora

O perfil do solo foi marcado em folhas de papel tamanho 40 x 60 cm, utilizando caneta porosa e determinando a profundidade do sulco pelos mecanismos sulcadores da semeadora.

3.2.6 Avaliações da cultura do sorgo

3.2.6.1 População de plantas

A população de plantas de sorgo foi avaliada pela contagem das plantas presentes em uma distância de 10 metros, em duas linhas de semeadura.

3.2.6.2 Profundidade de deposição de sementes

A profundidade de deposição de sementes foi determinada em duas linhas de 1 m, em cada subparcela, fora da área útil. As plantas foram cortadas rente ao solo sendo realizada uma escavação em volta das mesmas, medindo-se com auxílio de uma régua graduada, tendo como limite de profundidade de semeadura o tegumento da semente.

3.2.6.3 Altura de plantas

A altura de plantas foi medida no final do ciclo e considerada a distância do solo até a inserção da folha bandeira, em metros, nas três linhas centrais, utilizando-se 10 plantas por subparcela.

3.2.6.4 Diâmetro do colmo

O diâmetro do colmo foi medido no final do ciclo com auxílio do paquímetro no primeiro internó acima do solo, nas três linhas centrais, utilizando-se 10 plantas por subparcela.

3.2.6.5 Massas verde e seca da parte aérea

A biomassa da parte aérea foi avaliada, retirando-se quatro plantas no ponto de ensilagem da cultura. As plantas foram cortadas rente ao solo, e secas, até atingir massa constante, em estufa elétrica a 65 °C.

3.2.6.6 Massa de mil grãos de sorgo

Realizou-se a contagem de quatro repetições de 100 grãos por subparcela, sendo posteriormente transformados para 1000 grãos e tendo a massa ajustada a 13% do teor de água.

3.2.6.7 Produtividades de massa verde e massa seca

Procedeu-se a colheita manual das plantas do sorgo, no ponto de ensilagem nas duas linhas centrais das subparcelas, em uma área útil de 6,8 m². Após a colheita, as plantas foram secas em estufa elétrica a 65 °C até atingir massa constante.

3.2.6.8 Análise estatística dos dados

Os dados foram analisados por meio da análise de variância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada utilizando o programa de estatística “SISVAR” (Sistema de Análise de Variância) da Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2000).

Tabela 7. Esquema da análise de variância.

Causa de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F
Blocos	3	QM Bloco	
Sistemas de manejo do solo (S)	3	QM S	QM S / QM Erro (a)
Erro (a)	9	QM Erro (a)	
Velocidades na operação de semeadura (V)	3	QM V	QM V / QM Erro (b)
S x V	9	QM S x V	QM S x V / QM Erro (b)
Erro (b)	36	QM Erro (b)	
Total	63		

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos são apresentados na forma de Tabelas, onde médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna, e maiúsculas na linha, não diferem entre si, estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As abreviações citadas em Tabelas e textos correspondem aos sistemas de manejo: SD (semeadura direta); GP (gradagem pesada + semeadura direta); GPL (gradagem pesada + duas gradagens leves + semeadura direta) e CR (escarificação + semeadura direta).

4.1 Cobertura de superfície do solo

Na Tabela 8 são apresentados os resultados de porcentagem de cobertura na superfície do solo com resíduos vegetais da safra anterior e plantas daninhas presentes na área antes e após os sistemas de manejo, os quais não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, demonstrando, assim, a homogeneidade de cobertura no solo. Antes de qualquer interferência mecânica, havia na superfície do solo mais de 90% de cobertura vegetal, representando uma média de 6376,98 kg ha⁻¹ de massa seca.

Tabela 8. Superfície de cobertura do solo por resíduos vegetais da safra anterior e plantas daninhas presentes na área antes e após instalação dos sistemas de manejo.

Sistemas de manejo do solo	Resíduos Vegetais (%)	
	Antes	Após
SD	93,13 a	93,45 a
GP	93,55 a	34,13 b
CR	93,45 a	31,12 b
GPL	93,45 a	8,43 c

DMS antes do manejo = 16,23; DMS após o manejo = 13,13; CV antes do manejo (%) = 8,09; CV após o manejo (%) = 11,12. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Após a instalação dos manejos, o tratamento GPL foi o que apresentou a menor porcentagem de cobertura sobre o solo, com apenas 8,43% da superfície do solo protegida com resíduos vegetais. Isto ocorreu devido à atuação dos órgãos ativos dos equipamentos na incorporação dos resíduos vegetais que estavam presentes na superfície, o que concorda com os resultados obtidos por Siqueira (1999), quando trabalhou com as operações de gradagens e aração. No sistema de semeadura direta (SD), o valor de 93,45% cobertura sobre a superfície do solo demonstrou ser superior a valores constatados por Furlani et al. (2004).

No tratamento CR constatou-se valor de cobertura superficial do solo da ordem de 31,12%, porcentagem esta inferior ao valor encontrado por Furlani et al. (2004), mas superior ao que foi constatado por Silva (2000). O tratamento GP apresentou resíduo de palha de 34,13%. Desta maneira, os tratamentos CR, SD e GP podem ser considerados como preparos conservacionistas do solo, pois conforme Magleby e Shertz (1988), o preparo que mantiver cobertura superior a 30% é conservacionista.

4.2 Densidade do solo, densidade de máxima compactação, teor de água de máxima compactação e densidade relativa

Para valores de densidade do solo de 1,21 kg dm⁻³ e relativa de 0,88 conforme Liepic et al. (1991) e Klein (2006), para um solo de mesma fragmentação textural do experimento, é prejudicial e comprometedor para o crescimento e desenvolvimento das culturas.

Os valores médios da densidade do solo entre os sistemas de manejo e profundidades são apresentados na Tabela 9. Verifica-se que na camada de 0-90 mm, os tratamentos GP, GPL e CR apresentaram valores inferiores a $1,21 \text{ kg dm}^{-3}$ e o tratamento SD apresentou valor acima ao aceitável, $1,25 \text{ kg dm}^{-3}$, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Falleiro et al. (2003), avaliando o efeito de seis sistemas de manejo do solo sobre algumas características físicas do solo, verificaram que a densidade foi superior na semeadura direta em relação ao preparo convencional e reduzido, estando de acordo com os dados coletados neste experimento.

Verifica-se também, na Tabela 9, que na profundidade de 150-220 mm, o tratamento de semeadura direta foi o que apresentou maior valor de densidade do solo, diferindo estatisticamente dos outros tratamentos. Abreu et al. (2004), Cruz et al. (2003) e Costa et al. (2003), comparando sistemas de preparo (convencional e semeadura direta), verificaram que não houve diferença significativa entre os valores de densidade do solo.

Comparando os sistemas de manejo do solo, entre as profundidades estudadas, verificou-se diferença estatística entre os valores de densidade do solo, os quais foram superiores na camada de 150-220 mm. Já Falleiro et al. (2003) não observaram aumento ou redução da densidade do solo com o acréscimo de profundidade nos sistemas de manejos relacionados. Provavelmente os menores valores da densidade na camada superior devem ser decorrentes da apresentação de um maior teor de matéria orgânica, o que também foi constatado por Costa et al. (2003). Outro fator relevante que pode ter contribuído para a diminuição dos valores de densidade do solo na primeira camada ou camada superior foi a descompactação, proveniente da aplicação dos equipamentos de preparo dos tratamentos GP, GPL e CR e pelos mecanismos sulcadores da semeadora, pois foi retirado na linha de semeadura.

Quando se diz respeito à densidade de máxima compactação, na Tabela 9, verifica-se que o sistema de preparo CR e GPL diferiram significativamente dos demais tratamentos, apresentando um menor índice.

Em relação ao teor de água de máxima compactação, observou-se que o tratamento CR foi o que apresentou maior teor de água de máxima compactação, assim diferindo dos demais tratamentos.

A densidade relativa não apresentou efeito significativo entre os sistemas de manejo, mas, se forem considerados os valores acima de 0,88 como empecilho ao

desenvolvimento normal das culturas, conforme descrito por Klein (2006), verifica-se que apenas o tratamento SD ultrapassou esse valor.

Tabela 9. Valores médios da densidade do solo (kg dm^{-3}), densidade de máxima compactação (kg dm^{-3}), teor de água de máxima compactação (g kg^{-1}) e densidade relativa, após a colheita do sorgo em função da profundidade e sistemas.

Profundidade (mm)	Sistemas de manejo			
	SD	GP	CR	GPL
¹Densidade do solo (kg dm^{-3})				
0-90	1,25 bA	1,13 bB	1,13 bB	1,13 bB
150-220	1,36 aA	1,25 aB	1,25 aB	1,24 aB
²Densidade de máxima compactação (kg dm^{-3})				
0-100	1,39 A	1,38 A	1,35 B	1,35 B
³Teor de água de máxima compactação (g kg^{-1})				
0-100	286,76 C	288,43 B	289,99 A	288,13 B
⁴Densidade relativa				
0-100	0,89 A	0,84 A	0,80 A	0,84 A

¹DMS interação sistemas de manejo = 0,10; DMS interação profundidade = 0,07; CV sistemas de manejo (%) = 6,33; CV profundidade (%) = 3,95. ²DMS = 0,02; CV (%) = 0,63. ³DMS = 0,90; CV (%) = 3,54. ⁴DMS = 0,11; CV (%) = 5,76. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3 Resistência do solo à penetração

Analisando-se os valores obtidos para resistência do solo à penetração, apresentados na Tabela 10, entre os diferentes sistemas de manejo, verifica-se que na profundidade de 0-50 mm, os tratamentos CR, GPL e GP foram os que apresentaram os menores valores, diferindo estatisticamente do tratamento SD. Porém observa-se que,

independente dos tratamentos, todos os valores obtidos de resistência do solo à penetração podem ser considerados baixos.

Tabela 10. Valores médios de resistência do solo à penetração (MPa) após a colheita do sorgo em função da profundidade e sistemas de manejo.

Profundidade (mm)	Sistemas de manejo			
	SD	GP	CR	GPL
0-50	1,82 A	0,99 B	0,35 C	0,46 C
50-100	2,57 A	1,89 B	0,69 D	1,12 C
100-150	2,60 A	2,12 B	1,55 C	1,86 B
150-200	2,60 A	2,61 A	1,39 B	2,40 A
200-250	2,82 A	2,61 A	1,59 B	2,57 A
250-300	2,93 A	2,63 A	1,89 B	2,63 A
300-350	2,91 A	2,74 A	2,11 B	2,69 A
350-400	2,94 A	2,74 A	2,20 B	2,76 A
400-450	2,90 A	2,83 A	2,27 B	2,73 A
450-500	2,97 A	2,86 A	2,33 B	2,80 A
500-550	2,91 A	2,92 A	2,34 B	2,88 A

DMS sistemas de manejo = 0,42; CV sistemas de manejo (%) = 33,20. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na profundidade de 50-100 mm, o tratamento CR apresentou um valor de resistência do solo menor, seguido do GPL. O tratamento SD apresentou valores de resistência à penetração maior que 2 MPa, valor este, considerado por vários autores, comprometedor para o desenvolvimento do sistema radicular das culturas (Tabela 10). Este resultado se encontra semelhante e de acordo com Cavalieri et al. (2006), que verificaram valores maiores de resistência à penetração no tratamento com o sistema de preparo semeadura direta.

Pode-se verificar que os tratamentos SD e GP, em todas as profundidades, foram estatisticamente superiores aos demais. Desta forma, analisando os dados de resistência à penetração encontrados no experimento, entre os sistemas de manejo do solo e profundidades, observa-se que estes se encontram abaixo de 3,50 MPa, valor este

considerado por Torres e Saraiva (1999) como indicativo de baixa compactação, quando o solo se apresenta na condição friável.

No que diz respeito aos atributos físicos do solo, a resistência apresenta maior sensibilidade para a demonstração dos efeitos dos sistemas de manejos do solo estudados até esta situação, concordando com os resultados obtidos por Santana et al. (2006) e Streck et al. (2004).

Os acréscimos nos valores de resistência à penetração, em função da profundidade de preparo, estão condizentes com os obtidos por Abreu et al. (2004), que verificaram uma maior resistência com o aumento da profundidade.

4.4 Teor de água no solo na determinação da resistência do solo à penetração após a colheita do sorgo

Na Tabela 11, são apresentados valores médios do teor de água no solo, no momento da determinação da resistência à penetração.

Tabela 11. Teor de água no solo (g kg^{-1}) no momento da determinação da resistência do solo à penetração (MPa) após a colheita do sorgo em função da profundidade e sistemas de manejo.

Profundidade (mm)	Sistemas de manejo				Médias
	SD	GP	CR	GPL	
0-100	263,34 aA	292,34 aA	274,75 aA	266,51 bA	274,23 b
100-200	281,25 aB	277,78 aB	289,76 aB	307,22 aA	289,00 ab
200-300	292,34 aA	277,78 aAB	299,12 aA	311,34 aA	295,15 a
Médias	278,97 A	282,63 A	287,87 A	295,02 A	

DMS médias por sistemas de manejo = 24,70; DMS médias por profundidade = 13,23; DMS interação sistemas de manejo = 29,19; DMS interação profundidade = 26,45; CV sistemas de manejo (%) = 6,11; CV profundidade (%) = 5,27. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação aos valores do teor de água no solo, obtidos entre os sistemas de manejo, verifica-se que houve diferença significativa pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade na

profundidade de 100-200 mm, sendo que o tratamento GPL apresentou maior teor de água, diferindo dos demais. Observa-se que para as outras profundidades não se constatou influência do teor de água entre os sistemas de manejo do solo, Tabela 11. Também se verificou que o aumento da profundidade proporcionou uma elevação do teor de água no solo, mesmo assim, não foi obtido redução dos valores de resistência à penetração como observado na Tabela 10.

Analisando os dados químicos do solo, verifica-se que entre os sistemas de preparo do solo, não houve diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para valores de pH, CTC e para os teores de P, K⁺ e Ca⁺², assim concordando com resultados encontrados por Almeida et al. (2005) e Raij et al. (2001), que não constataram diferenças entre os teores de Ca⁺² e a CTC do solo para os tratamentos de sistema de preparo do solo semeadura direta e preparo convencional. Observando a Tabela 12, pode-se analisar que o pH apresentou uma diminuição no decorrer do aumento da profundidade dentro dos sistemas de manejo do solo, concordando com Santos e Tomm (2003) que verificaram uma queda no pH superficial (0-100 mm), para o subsuperficial de (100-200 mm).

No tratamento GPL, a profundidade não apresentou diferenças significativas no pH do solo, mas sim uma redução dos valores com relação à profundidade, (RAIJ et al., 2001). O preparo do solo com grade aradora e com cultivo reduzido foram os que apresentaram maiores valores de pH na camada de 0-200 mm de profundidade quando comparados com o sistema de semeadura direta.

Com relação ao elemento P, devido à baixa mobilidade deste no solo, pode-se verificar que nos tratamentos estudados, os valores das médias apresentaram uma diminuição significativa em relação à profundidade.

Quanto aos teores de K⁺, observou-se diferenças significativas superiores na camada de 0-200 mm, quando comparados com os obtidos na camada de 200-400 mm de profundidade do solo, concordando com resultados obtidos por Muzilli (1983), e dentro dos valores de médio para alto nas duas camadas, conforme Raij et al. (2001).

Comparando os teores de Ca⁺² trocáveis em profundidade, verifica-se na Tabela 12, que os maiores valores foram encontrados na camada superficial sendo que o tratamento GPL não apresentou diferença significativa.

Tabela 12. Resultados de análise química do solo após a colheita do sorgo em função da profundidade e sistema de manejos.

Profundidade (mm)	Sistema de manejos				Médias
	SD	GP	CR	GPL	
¹pH (CaCl₂ 0,01M)					
0-200	5,68 aA	6,03 aA	5,88 aA	5,37 aA	5,74 a
200-400	5,10 bA	5,15 bA	5,28 bA	5,13 aA	5,16 b
²P (mg kg⁻¹)					
0-200	52,25 aA	29,25 aA	34,75 aA	57,25 aA	43,38 a
200-400	19,50 bA	14,50 bA	14,25 bA	36,50 bA	21,19 b
³K⁺ (mmol_c dm⁻³)					
0-200	5,05 aA	4,03 aA	4,85 aA	4,17 aA	4,53 a
200-400	2,73 bA	2,08 bA	1,95 bA	2,48 bA	2,31 b
⁴Ca⁺² (mmol_c dm⁻³)					
0-200	51,75 aA	61,25 aA	59,00 aA	45,75 aA	54,44 a
200-400	38,75 bA	37,25 bA	40,00 bA	42,50 aA	39,63 b
⁵Mg⁺² (mmol_c dm⁻³)					
0-200	22,50 aAB	24,00 aA	24,00 aA	18,50 aB	22,25 a
200-400	14,00 bA	14,25 bA	15,00 bA	15,75 aA	14,75 b
⁶M.O. (g dm⁻³)					
0-200	27,00 aA	29,25 aA	29,75 aA	24,75 aA	27,69 a
200-400	18,75 bA	18,75 bA	18,00 bA	20,75 bA	19,06 b
⁷SB (mmol_c dm⁻³)					
0-200	79,25 aAB	89,25 aA	88,50 aAB	68,25 aB	81,31 a
200-400	55,00 bA	53,50 bA	56,75 bA	60,75 aA	56,50 b
⁸CTC (mmol_c dm⁻³)					
0-200	108,00 aA	112,25 aA	114,00 aA	102,75 aA	109,25 a
200-400	93,75 bA	89,50 bA	89,50 bA	100,00 aA	93,19 b

DMS médias por profundidade = 0,24; DMS interação sistemas de manejo = 0,65; DMS interação profundidade = 0,48; CV sistemas de manejo (%) = 4,32; CV profundidade (%) = 5,71. ²DMS médias por profundidade = 13,59; DMS interação sistemas de manejo = 37,07; DMS interação profundidade = 27,19; CV sistemas de manejo (%) = 64,15; CV profundidade (%) = 54,68. ³DMS médias por profundidade = 0,48; DMS interação sistemas de manejo = 1,30; DMS interação profundidade = 0,95; CV sistemas de manejo (%) = 63,29; CV profundidade (%) = 18,12. ⁴DMS médias por profundidade = 6,21; DMS interação sistemas de manejo = 16,92; DMS interação profundidade = 12,42; CV sistemas de manejo (%) = 8,96; CV profundidade (%) = 17,34. ⁵DMS médias por profundidade = 1,79; DMS interação sistemas de manejo = 4,89; DMS interação profundidade = 3,59; CV sistemas de manejo (%) = 13,45; CV profundidade (%) = 12,675. ⁶DMS médias por profundidade = 1,82; DMS interação sistemas de manejo = 4,97; DMS interação profundidade = 3,65; CV sistemas de manejo (%) = 14,37; CV profundidade (%) = 10,13. ⁷DMS médias por profundidade = 7,49; DMS interação sistemas de manejo = 20,44; DMS interação profundidade = 14,99; CV sistemas de manejo (%) = 9,56; CV profundidade (%) = 14,00. ⁸DMS médias por profundidade = 4,61; DMS interação sistemas de manejo = 12,58; DMS interação profundidade = 9,23; CV sistemas de manejo (%) = 6,38; CV profundidade (%) = 5,90. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de Mg^{+2} na camada superficial foram superiores no GP e CR que diferiram estatisticamente do tratamento GPL. O tratamento SD não diferiu do tratamento GPL. Na camada de 200-400 mm de profundidade do solo os teores de Mg^{+2} não apresentaram diferenças significativas quando se comparou os sistemas de manejo.

Com relação aos teores de matéria orgânica (M.O.) contidos na Tabela 12, verificou-se que não houve diferença significativa entre os sistemas de manejo do solo na camada de 0-200 mm. Os maiores valores numéricos foram obtidos nos tratamentos GP e CR, sendo superiores aos demais tratamentos. Para a camada de 200-400 mm não se observou diferenças significativas entre os tratamentos. Analisando os teores de M.O em diferentes profundidades, Tabela 12, verificou-se que os valores obtidos diminuíram significativamente da camada superior para a camada inferior em todos os tratamentos, mesmo ocorrendo o revolvimento do solo nos tratamentos CR, GP, GPL.

Resultados semelhantes foram encontrados por Santos e Tomm (2003). A apresentação de maiores teores de M.O, em superfície é proveniente dos 11 anos sob o sistema de semeadura direta, através da sucessão de culturas e reciclagem de nutrientes pelas plantas envolvidas nos sistemas. De acordo com os resultados obtidos por Tome Jr. (1997), os valores de M.O obtidos na camada de 0-200 mm e na camada de 200-400 mm de profundidade podem ser classificados como altos e médios para o estado de São Paulo.

Avaliando os valores da soma de bases trocáveis na camada de 0-200 mm de profundidade, notou-se que o tratamento GPL foi o que apresentou os menores valores diferindo somente do tratamento GP. Os sistemas de manejo não diferiram entre si em relação à soma de bases trocáveis na camada de 200-400 mm. Comparando as diferentes profundidades, apenas no tratamento GPL, os valores não diminuíram significativamente entre as camadas estudadas.

Analisando a capacidade de troca catiônica do solo, na Tabela 12, não foi observado efeito dos sistemas de manejo do solo nas duas camadas de solo estudadas no experimento. Com relação à camada de 200-400 mm, exceção feita ao tratamento GPL, que não apresentou diferenças significativas, maiores valores de CTC na camada superficial do solo, deve-se, provavelmente, ao maior teor de matéria orgânica apresentando nesta camada. A semelhança entre os valores de CTC, nas duas profundidades, é devido à ocorrência de uma movimentação do solo ocasionada pelo sistema de preparo.

4.5 Teor de água do solo no dia dos preparos

Os valores obtidos para o teor de água no dia dos preparos do solo encontram-se na Tabela 13, onde pode se observar que não houve diferença significativa, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, para os sistemas de preparo do solo, envolvidos no experimento e para as profundidades estudadas, assim discordando dos dados obtidos por Siqueira (1999).

Tabela 13. Teor de água do solo (g kg^{-1}) no dia dos preparos em função da profundidade e sistemas de manejo.

Profundidade (mm)	Sistemas de manejo				
	SD	GP	CR	GPL	Médias
0-100	294,29 aA	295,28 aA	294,30 aA	293,78 aA	294,41 a
100-200	295,39 aA	293,84 aA	298,20 aA	294,44 aA	295,46 a
200-300	297,16 aA	275,47 aA	295,08 aA	294,89 aA	290,65 a
Médias	295,61 A	288,20 A	295,86 A	294,37 A	

DMS médias por sistemas de manejo = 11,05; DMS médias por profundidade = 16,68; DMS interação sistemas de manejo = 19,25; DMS interação profundidade = 23,58; CV sistemas de manejo (%) = 2,91; CV profundidade (%) = 4,28. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de água se encontram dentro dos valores de friabilidade apropriados para o preparo do solo, (Tabela 13). Em relação ao ensaio de Proctor (Tabela 9), pode ser verificado que esses valores comprometem as condições estruturais do solo e o desenvolvimento radicular da cultura da cultura do sorgo. Outro fator importante é o teor de água existente no solo, no ato dos preparos, ocasionando a compactação pelo tráfico das máquinas.

Assim no momento do preparo do solo não deve só considerar a faixa de friabilidade, mas também o teor de água de máxima compactação determinado no ensaio de proctor.

4.6 Desempenho do trator durante o preparo do solo

Os valores das variáveis velocidades médias, força média de tração, potência média de tração, patinagem do trator e capacidade de campo teórica, encontram-se na Tabela 14.

Nesta tabela não foi possível aplicar um teste de médias para a comparação do desempenho dos equipamentos de preparo do solo, pois entre os tratamentos foram realizadas operações distintas.

Tabela 14. Largura de trabalho (mm), velocidade média (km h^{-1}), força média de tração (kN), potência média de tração (kW), patinagem (%) e capacidade de campo teórica (ha h^{-1}) para diferentes sistemas de manejo do solo.

Sistemas de manejo	Equipamentos de preparo	Largura de trabalho	Velocid. média	Força média de tração	Potência média de tração	Patinagem	Capacid. de campo teórica
		mm	Km.h^{-1}	kN	kW	%	ha.h^{-1}
GPL	Grade pesada	1700	4,00	31,67	25,46	12,12	1,12
	+ Grade leve	2550	5,03	9,63	13,87	5,55	1,29
GP	Grade pesada	1700	4,02	31,45	25,65	12,00	1,10
CR	Escarificador	2800	2,99	42,56	33,21	19,63	0,83

SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura.

Verifica-se na Tabela 14, que o equipamento escarificador foi o que exigiu do trator a maior força média de tração (42,56 kN), potência média de tração (33,21 kW) e patinagem (19,63 %) e apresentou a menor velocidade média de trabalho ($2,99 \text{ km h}^{-1}$).

A capacidade de campo teórica é parâmetro que fornece o ritmo teórico de trabalho executado durante a operação, não levando em consideração a área de solo mobilizada pelo equipamento no ato do preparo.

Equipamentos que trabalham em diferentes profundidades, não podem ser comparados, neste caso a grade pesada e o escarificador apresentam profundidade de trabalhos semelhantes. O escarificador foi o que forneceu a menor capacidade de campo teórica, pois apresentou um trabalho com velocidade média menor e largura maior que os

demais. Assim Levien (1999), utilizando-se do mesmo trator, escarificador e tipo de solo, operando a uma profundidade média de 17 cm, encontrou valores inferiores para os parâmetros: velocidade média (2,62 km h⁻¹), força média de tração (38,22 kN), potência média de tração (27,78kW) e capacidade de campo teórica (0,73 ha h⁻¹). Enquanto Lopes et al. (2005), utilizando-se dos mesmos trator, tipo de pneu e trabalhando com o escarificador composto de 7 hastes, com uma profundidade média de 30 cm, constataram uma potência média inferior a 22,66kW; a encontrada nesse estudo foi de 33,21 kW, mesmo trabalhando com uma velocidade maior 3,18 km ha⁻¹.

Com relação à operação de gradagem leve, os valores de velocidade média, 5,03 km h⁻¹ e a capacidade de campo teórica, 1,28 ha h⁻¹ foram menores que os encontrados por Levien (1999), de 5,87 km⁻¹ e 1,35ha h⁻¹, respectivamente. Os autores obtiveram valores superiores para força e potência média de tração. Na operação de gradagem pesada Lopes et al. (2005), utilizando-se trator JD 6600 encontraram valores semelhantes para a grade pesada, apenas diferindo estatisticamente da capacidade de campo teórica, que no presente trabalho foi de 1,12 e 1,10, enquanto os referidos autores encontraram valores acima de 1,01 ha⁻¹.

Na tabela 15, são apresentados os dados de consumo operacional e horário de combustível, profundidade média de trabalho e área de solo mobilizada. Analisando o consumo de combustível operacional, entre os sistemas de manejo, verificou-se que não ocorreram diferenças estatísticas entre os tratamentos, sendo que o tratamento CR, teve uma redução de 29,25% no consumo quando comparado ao tratamento GPL e um decréscimo de 12% quando comparado ao GP.

O consumo de combustível operacional GPL (30,70 L ha⁻¹) foi semelhante ao obtido por Boller (1996), de 30,43 L ha⁻¹, e o consumo horário no GPL, 22,55 L h⁻¹ foi inferior ao encontrado por Levien (1999), de 29,50 L h⁻¹.

Tabela 15. Valores médios de consumo operacional ($L ha^{-1}$), consumo horário de combustível ($L h^{-1}$), profundidade média de preparo (mm) e área de solo mobilizada (cm^2).

Sistemas de manejo	Consumo operacional ($L ha^{-1}$) ⁽¹⁾	Consumo horário ($L h^{-1}$) ⁽²⁾	Profundidade média de preparo (mm) ⁽³⁾	Área de solo mobilizada (cm^2) ⁽⁴⁾
GPL	30,70 a	22,55 a	165 a	2345,89 b
GP	19,15 b	18,88 b	166 a	2399,89 b
CR	21,75 ab	17,09 b	178 a	4358,98 a

¹DMS por sistemas de manejo = 9,63; CV (%) = 16,31. ²DMS por sistemas de manejo = 3,31; CV (%) = 7,45. ³DMS por sistemas de manejo = 12,63; CV (%) = 3,60. ⁴DMS por sistemas de manejo = 195,73; CV (%) = 2,73. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na operação de CR e GP, obteve-se o menor consumo de combustível por hora de trabalho ($L h^{-1}$), quando comparado com os sistemas de manejo GPL. O consumo médio para os tratamentos foi de 22,55; 18,88 e 17,09 para os tratamentos GPL, GP e CR, respectivamente; com uma economia média de 5,49 $L h^{-1}$ para o GPL e 1,79 para GP (Tabela 13).

Analisando os valores de profundidade média de preparo, verifica-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos GPL, GP e CR a 5% probabilidade pelo teste Tukey.

Quando analisada a área de solo mobilizada, observou-se que os tratamentos GPL e GP apresentaram uma menor área, quando comparado ao tratamento CR, devido a uma maior largura de trabalho do escarificador, pois as profundidades de trabalho médias foram muito semelhantes.

Para o escarificador, a área de solo mobilizada foi inferior a aquelas encontradas por Siqueira (1999) e Levien (1999), de 6840,00 cm^2 e 4904,00 cm^2 , respectivamente. No tratamento GPL e GP, os resultados foram semelhantes aos encontrados por Boller et al. (1997).

4.7 Teor de água do solo no dia da semeadura

Os teores de água no solo, apresentados na Tabela 16, se encontram dentro da faixa de friabilidade que é apropriada para realização da operação de semeadura, mas como ocorrido durante a operação de preparo, nota-se que esse teor de água também foi comprometedor para a estrutura física do solo no ato da realização da semeadura.

Tabela 16. Teor de água do solo (g kg^{-1}) no dia da semeadura do sorgo em função da profundidade e sistemas de manejo.

Profundidade (mm)	Sistemas de manejo				Médias
	SD	GP	CR	GPL	
0-100	320,00 abA	321,00 aA	271,00 bC	294,00 bB	301,50 b
100-200	325,00 aA	319,00 aA	321,50 aA	252,50 cB	305,00 b
200-300	310,00 bA	315,00 aA	320,00 aA	325,00 aA	317,50 a
Médias	318,33 A	318,33 A	304,17 AB	290,50 B	

DMS médias por sistemas de manejo = 14,87; DMS médias por profundidade = 9,71; DMS interação sistemas de manejo = 21,45; DMS interação profundidade = 19,42; CV sistemas de manejo (%) = 3,79; CV profundidade (%) = 3,57. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando os valores das médias do teor de água do solo, no ato da semeadura do sorgo, independente da profundidade, verifica-se que os tratamentos SD e GP apresentaram valores superiores aos tratamentos GPL e iguais ao CR. Na camada de 0 a 100 mm, os tratamentos SD e GP foram os que apresentaram os maiores teores de água, diferindo dos demais sistemas de manejo. Na camada de 100 a 200 o tratamento GPL foi que apresentou o menor valor. Na camada de 200 a 300 não encontrou-se diferenças significativas entre os tratamentos. O menor teor de água nas camadas do GPL é explicado pela menor cobertura vegetal presente na superfície do solo.

4.8 Velocidade na operação de semeadura

Os valores das médias, na Tabela 17, são provenientes da velocidade média na operação de semeadura. Pode-se verificar que a velocidade média do conjunto trator-semeadora apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, tanto para velocidade quanto para sistema de manejo. Comparando-se os sistemas de manejo do solo com relação às velocidades verifica-se que nas velocidades pré-estabelecidas de 3 e 5 km h⁻¹ não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Nas velocidades de 6 e 9 km h⁻¹, os tratamentos GPL e CR diferiram estatisticamente do tratamento SD, assim discordando de MAHL (2006).

Tabela 17. Valores médios das velocidades na operação de semeadura (km h⁻¹) do sorgo em função dos sistemas de manejo.

Sistemas de manejo	Velocidades na operação de semeadura (km h ⁻¹)				
	3	5	6	9	Médias
SD	3,10 aD	5,10 aC	5,62 bB	8,96 bA	5,71 b
GP	3,30 aD	5,20 aC	5,83abB	9,23abA	5,92 a
CR	3,10 aD	5,10 aC	6,05 aB	9,28 aA	5,91 a
GPL	3,30 aD	5,00 aC	6,01 aB	9,09 aA	5,88 ab
Médias	3,24 D	5,15 C	5,87 B	9,14 A	

DMS médias por sistemas de manejo = 0,17; DMS interação = 0,31; CV sistemas de manejo (%) = 2,82; CV velocidades na operação de semeadura (%) = 2,87. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.9 Força média na barra de tração

Os valores médios para a força de tração são apresentados na Tabela 18. Observa-se que os sistemas de manejo influenciaram significativamente na força de tração do conjunto trator-semeadora-adubadora. O tratamento SD foi o que exigiu maior força, diferindo dos demais, para as quatro velocidades estudadas. Os incrementos médios foram de 19,57; 25,60 e 33,10% para os tratamentos GP, CR e GPL.

Tabela 18. Força média na barra de tração (kN), exigida pela semeadora-adubadora durante a semeadura do sorgo, em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.

Sistemas de manejo	Velocidades na operação de semeadura (km h ⁻¹)				Médias
	3	5	6	9	
SD	10,87 aA	10,40 aA	10,83 aA	11,02 aA	10,78 a
GP	8,52 bA	8,52 bA	8,65 bA	8,96 bA	8,66 b
CR	7,50 bcB	7,95 bcAB	8,02 bcAB	8,60 bA	8,02 bc
GPL	7,11 cA	7,33 cA	7,43 cA	6,98 cA	7,21 c
Médias	8,50 A	8,55 A	8,73 A	8,89 A	

DMS médias = 0,86; DMS interação = 1,03; CV sistemas de manejo (%) = 9,22; CV velocidades na operação de semeadura (%) = 6,45. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Furlani et al. (2004), trabalhando com um trator com uma potência de 90,5 kW, 123,1 cv no motor, relataram que a força média de tração de uma semeadora, composta de seis linhas, espaçadas a 450 mm, com mecanismo sulcador tipo haste, em um solo semelhante ao do presente trabalho, exigiu uma menor força de tração nos tratamentos com semeadura direta e preparo convencional, diferindo significativamente dos dados obtidos para o solo escarificado. Andreolla e Gabriel Filho (2006) observaram que a demanda energética de força de tração é menor no cultivo reduzido do que no preparo convencional e na semeadura direta com haste ou disco.

Santos et al. (2008), comparando diferentes sistemas de preparo do solo em relação ao gasto energético, em diferentes velocidades de semeadura, verificaram que a velocidade de 9 km.h⁻¹ foi a que apresentou o maior gasto de energia na barra de tração. Verifica-se, na Tabela 18, que os valores para a força de tração não diferiram nas velocidades estudadas para SD, e que operação de semeadura no tratamento GPL requereu uma menor força de tração. De modo geral esta menor força de tração exigida no tratamento GPL e CR foi decorrente do menor esforço exigido pelos mecanismos sulcadores tipos discos duplos defasados para adubos, em solos antes mobilizados pelos órgãos ativos da grade pesada e do escarificador. O mesmo comportamento foi constatado por Coelho (1988). Já Furlani et al. (2008) e Silveira et al. (2005c) constataram que houve um aumento nos valores da força média

de tração com o aumento da velocidade da semeadura. No tratamento CR, a velocidade de 3 km.h⁻¹ se diferenciou das demais, assim concordando com Levien (1999).

4.10 Potência média na barra de tração

Os valores médios da potência na barra de tração da semeadora (Tabela 19) foram maiores no sistema de semeadura direta (SD) seguido do tratamento GP, que não diferiu estatisticamente do tratamento CR. O sistema de manejo GPL foi que exigiu uma menor potência média na barra de tração no conjunto trator-semeadora.

Tabela 19. Potência média na barra de tração (kW), exigida pela semeadora-adubadora durante a semeadura do sorgo, em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.

Sistemas de manejo	Velocidades na operação de semeadura (km h ⁻¹)				Médias
	3	5	6	9	
SD	9,32 aD	14,90 aC	17,09 aB	25,31 aA	16,66 a
GP	7,98 abC	12,46 bB	14,03 bB	21,54 bA	14,00 b
CR	6,93 bD	11,00 bcC	13,47 bB	20,79 bA	13,05 b
GPL	6,67 aD	10,33 cC	12,51 bB	16,59 cA	11,52 c
Médias	7,72 D	12,17 C	14,27 B	21,05 A	

DMS médias = 1,43; DMS interação = 1,99; CV sistemas de manejo (%) = 10,11; CV velocidades na operação de semeadura (%) = 7,78. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Comparando os valores de potência média na barra de tração dentro de cada velocidade, constatou-se, que o tratamento SD, dentro do conjunto, foi o que apresentou maiores valores de potência média, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos envolvidos. O tratamento GP, na velocidade de semeadura de 3 km h⁻¹, foi o que apresentou maior potência. No tratamento GPL, obteve-se uma menor potência média na barra de tração, não diferindo do tratamento GP nas velocidades de 3 e 6 km h⁻¹, e do tratamento CR, nas velocidades de 3; 5 e 6 km h⁻¹. Em todos os sistemas de preparo houve um acréscimo na potencia media na barra de tração com a evolução da velocidade, assim diferindo

estatisticamente entre si, com ressalva para o sistema de manejo GP, que nas velocidades de 5 km h⁻¹ e 6 km h⁻¹ não diferiram estatisticamente.

4.11 Consumo horário de combustível da semeadora

Observando-se as médias na tabela 20, verifica-se que os sistemas de manejo não diferiram entre si, estatisticamente, no consumo horário de combustível. As médias do consumo horário de combustível se encontram inferiores às detectadas por Levien (1999) para o mesmo tipo de solo e sistemas de manejo semelhantes. Comparando-se os sistemas de manejo para cada velocidade empregada, nota-se que, nas velocidades de 3, 5 e 6 km h⁻¹, o consumo horário de combustível do trator não foi influenciado pelos sistemas de manejo (Tabela 19).

Tabela 20. Valores médios do consumo horário de combustível (L h⁻¹) durante a semeadura do sorgo em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.

Sistemas de manejo	Velocidades na operação de semeadura (km h ⁻¹)				
	3	5	6	9	Médias
SD	8,01 aC	10,56 aB	10,93 aB	12,85 bA	10,58 a
GP	8,79 aC	10,90 aB	10,79 aB	13,02 bA	10,88 a
CR	8,91 aC	11,14 aB	12,11 aB	14,72 aA	11,72 a
GPL	8,88 aC	10,60 aB	11,98 aB	12,54 bA	11,00 a
Médias	8,64 C	10,80 B	11,45 B	13,28 A	

DMS médias = 1,35; DMS interação = 1,45; CV sistemas de manejo (%) = 10,99; CV velocidades de semeadura (%) = 6,76. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Já na velocidade de 9 km h⁻¹ o tratamento CR apresentou um maior consumo horário de combustível diferindo dos demais, discordando de Mahl (2006) e Camilo et al. (2004), que constataram que houve maior consumo de combustível na semeadura direta. Analisando os valores das médias, na Tabela 20, verificou-se que os sistemas de manejo do solo não influenciaram no consumo operacional de combustível durante a realização da

operação de semeadura. Estes resultados discordaram dos encontrados por Furlani et al. (2004), que encontraram no consumo um acréscimo e diferenças significativas em relação ao preparo escarificado, convencional e semeadura direta.

O consumo operacional de combustível não foi influenciado pelos sistemas de manejo do solo nas velocidades de 3, 5 e 6 km h⁻¹, sendo que, apenas na velocidade de 9 km h⁻¹, o tratamento CR proporcionou maior consumo, diferindo do tratamento GPL. Em todos os sistemas de preparo, com o aumento da velocidade, obteve-se um acréscimo no consumo de combustível, não encontrando diferença estatística para a velocidade de 5 e 6 km h⁻¹. Em todos os sistemas de manejo, os resultados mostraram uma tendência no aumento no consumo horário de combustível com o aumento da velocidade.

4.12 Capacidade de campo teórica

Os sistemas de manejo influenciaram significativamente nos valores das médias da capacidade de campo teórica, sendo que o menor valor foi encontrado no tratamento SD, que não diferiu do tratamento GPL (Tabela 21). Neste caso, não houve diferenças estatísticas para a capacidade de campo teórica entre os sistemas de manejo nas velocidades de 3 e 5 km h⁻¹. Nas velocidades de 6 e 9 km h⁻¹, ocorreram efeitos estatisticamente significativos entre os sistemas de manejo. O tratamento SD, na velocidade de semeadura de 6 km h⁻¹, apresentou uma menor capacidade de campo teórica, mas não apresentou diferenças estatísticas em relação ao tratamento GP na velocidade de 9 km h⁻¹. O tratamento SD não diferiu do tratamento GP e GPL, concordando com os dados obtidos por Camilo et al. (2004), Cortez et al. (2005), Furlani et al. (2005b), Mahl (2006).

Tabela 21. Valores médios da capacidade de campo teórica (ha h^{-1}) durante a semeadura do sorgo em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.

Sistemas de manejo	Velocidades na operação de semeadura (km h^{-1})				
	3	5	6	9	Médias
SD	0,89 aD	1,46 aC	1,57 bB	2,21 cA	1,53 b
GP	0,95 aD	1,47 aC	1,63 abB	2,31 abA	1,59 a
CR	0,93 aD	1,39 aC	1,69 aB	2,32 aA	1,58 ab
GPL	0,94 aD	1,41 aC	1,69 aB	2,27 abA	1,58 ab
Médias	0,92 D	1,43 C	1,64 B	2,27 A	

DMS médias = 0,05; DMS interação = 0,09; CV sistemas de manejo (%) = 2,81; CV velocidades na operação de semeadura (%) = 3,88. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A profundidade de semeadura do sorgo não apresentou diferenças significativas entre os sistemas de manejo de solo e as velocidades de semeadura, conforme pode ser verificado na Tabela 22, concordando com os dados obtidos por Camilo et al. (2004), que não encontraram respostas para a velocidade de avanço do trator na profundidade de semeadura. Já Silva (2000) verificou que com o aumento da velocidade ocorreram diferentes profundidades de semeaduras no sistema direto e no preparo convencional.

Tabela 22. Valores médios da profundidade de semeadura (mm) em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.

Sistemas de manejo	Velocidades na operação de semeadura (km h^{-1})				
	3	5	6	9	Médias
SD	20,60 aA	20,30 aA	21,30 aA	22,30 bA	21,10 b
GP	22,30 aA	22,90 aA	25,90 aA	21,90 bA	23,30 b
CR	25,30 aA	19,80 aA	24,70 aA	26,10 bA	24,00 b
GPL	30,40 aA	30,30 aA	29,50 aA	39,80 aA	32,50 a
Médias	24,65 A	23,32 A	25,35 A	27,52 A	

DMS médias = 6,12; DMS interação = 12,12; CV sistemas de manejo (%) = 12,18; CV velocidades na operação de semeadura (%) = 14,56. **direta.** SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.13 População de plantas

Comparando os sistemas de manejo dentro das velocidades de 3 e 9 km h⁻¹ não foram observadas diferenças significativas. Entretanto, ao comparar as médias das velocidades entre si, houve diferença significativa, demonstrando que quanto maior a velocidade de semeadura, menor a população inicial de plantas (Tabela 23).

Tabela 23. População inicial de plantas (nº de plantas ha⁻¹) em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.

Sistemas de manejo	Velocidades na operação de semeadura (km h ⁻¹)				Médias
	3	5	6	9	
SD	147.142 aA	135.744 bB	133.264 bBC	126.428 aC	135.645 a
GP	147.499 aA	137.957 bB	137.508 abB	125.377 aC	137.085 a
CR	149.285 aA	141.786 bA	134.493 abB	126.795 aC	138.090 a
GPL	150.535 aA	144.210 aAB	142.142 aB	128.571 aC	141.365 a
Médias	148.615 A	139.924 B	136.852 B	126.793 C	

DMS médias = 5.873,56; DMS interação = 7.833,26; CV sistemas de manejo (%) = 13,99; CV velocidades na operação de semeadura (%) = 10,81. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas velocidades de 5 e 6 km h⁻¹, o tratamento SD foi o que apresentou menor população inicial de plantas, porém não diferiu significativamente dos tratamentos GP e CR. Nas mesmas velocidades, o tratamento GPL foi o que proporcionou maior população de plantas, porém não diferiu significativamente dos tratamentos GP e CR. Tal fato deve ter ocorrido devido aos tratamentos que mobilizaram o solo permitindo melhor contato com a semente do sorgo. A maior população de plantas obtida no tratamento GPL está associada à maior profundidade de semeadura, concordando com os dados encontrados por Mahl (2006) no seu experimento com a cultura do milho.

As velocidades na operação de semeadura influenciaram significativamente no número de plantas que diminuiu à medida que se aumentou a velocidade. A redução do número de plantas, devido ao aumento na velocidade, também foi observado por Garcia et al. (2006), Mahl (2006), Silva et al. (2000a), Fey e Santos (2000) e Furlani et al.

(1999). Este efeito não foi constatado por Mahl et al. (2004). A utilização de semeadoras de semeadura direta, em altas velocidades, poderá abrir sulcos maiores, revolver faixas mais largas e dificultar a compressão do solo pela roda compactadora, comprometendo a germinação e a emergência das sementes e a população de plantas. Em todos os sistemas de manejos do solo a velocidade 9 km h⁻¹ foi a que apresentou as menores populações de plantas, isso demonstra que a alta velocidade interfere drasticamente na distribuição das sementes de sorgo.

Nas velocidades de 5 e 6 km h⁻¹ (Tabela 24) verifica-se que o tratamento GPL foi o que promoveu maior população final de plantas e diferiu estatisticamente do tratamento SD. Este tratamento apresentou menor população de plantas, porém não diferiu significativamente dos sistemas de manejo GP e CR. Siqueira (1999), estudando vários tipos de preparo do solo na cultura do milho, verificou que a população de plantas foi superior quando se utilizou o equipamento de preparo escarificador.

As médias da população de plantas obtidas no tratamento SD, quando comparadas aos tratamentos GP, CR e GPL apresentaram redução de 6,10; 8,09 e 16,88%, respectivamente.

Tabela 24. População final de plantas (nº de plantas ha⁻¹) em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.

Sistemas de manejo	Velocidades na operação de semeadura (km h ⁻¹)				Médias
	3	5	6	9	
SD	142.678 aA	132.142 bB	128.571 bBC	122.499 aC	131.472 b
GP	143.928 aA	133.750 bB	134.642 abB	121.785 aC	133.526 ab
CR	147.857 aA	137.500 abB	129.470 cBC	122.752 aC	134.395 ab
GPL	148.571 aA	141.428 aAB	137.500 aB	124.107 aC	137.901 a
Médias	145.759 A	136.205 B	132.546 B	122.786 C	

DMS médias = 5.777,28; DMS interação = 7.603,47; CV sistemas de manejo (%) = 15,24; CV velocidades na operação de semeadura (%) = 11,63. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao analisar os sistemas de manejo dentro das velocidades de 3 em 9 km h⁻¹ não foram observadas diferenças significativas. Entretanto, ao comparar as médias das velocidades entre si, notou-se que houve diferença significativa, seguindo o mesmo

comportamento observado na população inicial de plantas. Furlani et al. (1999), estudando os tipos de preparo do solo e de velocidades para a operação de semeadura, na cultura do milho, verificaram que quando a velocidade passou de 3 para 5 km h⁻¹, a população final de plantas foi menor e, segundo os autores, isto pode ter ocorrido devido ao maior número de sementes danificadas pelos mecanismos dosadores da semeadora. Neste estudo, as sementes foram avaliadas em laboratório, após terem sido passadas pelos mecanismos dosadores e não foram constatados danos comprometedores nas mesmas.

4.14 Altura de plantas

Comparando a altura de plantas entre os sistemas de manejo, verifica-se que não houve significância pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, tanto para os sistemas de manejo quanto para as velocidades (Tabela 25). Estes dados estão em concordância com os dados obtidos por Ribas (2004) trabalhando com sorgo forrageiro.

Tabela 25. Altura das plantas (cm) em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.

Sistemas de manejo	Velocidades na operação de semeadura (km h ⁻¹)				Médias
	3	5	6	9	
SD	195,25 aA	188,51 aA	195,19 aA	188,89 aA	191,96 a
GP	194,69 aA	187,64 aA	191,63 aA	181,81 aA	188,94 a
CR	195,88 aA	188,56 aA	187,25 aA	182,07 aA	188,44 a
GPL	195,25 aA	188,86 aA	194,17 aA	192,31 aA	192,65 a
Médias	195,26 A	188,39 A	192,06 A	186,27 A	

DMS médias = 10,68; DMS interação = 19,27; CV sistemas de manejo (%) = 6,86; CV velocidades na operação de semeadura (%) = 7,17. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.15 Diâmetro do caule

Observando os valores médios dentro das velocidades 5 e 6 km h⁻¹, verifica-se que não houve diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade para o diâmetro do caule das plantas de sorgo (Tabela 26). Nestas velocidades, mesmo não sendo estatisticamente diferente, o tratamento SD foi o que apresentou maior diâmetro do caule, podendo tal efeito, como já constatado e citado por outros parâmetros, estar relacionado com a menor população de plantas encontradas nesse tratamento, estando de acordo com Zago (1991).

Tabela 26. Diâmetro do caule das plantas (cm) em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.

Sistemas de manejo	Velocidades na operação de semeadura (km h ⁻¹)				Médias
	3	5	6	9	
SD	2,00 aB	2,21 aB	2,35 aAB	2,76 aA	2,33 a
GP	2,14 abA	2,14 aA	2,13 aA	2,24 bA	2,16 a
CR	2,02 abA	2,19 aA	2,29 aA	2,34 abA	2,21 a
GPL	1,71 bB	2,07 aAB	2,02 aAB	2,25 bA	2,01 a
Médias	1,96 B	2,15 AB	2,19 AB	2,39 A	

DMS médias = 0,43; DMS interação = 0,46; CV sistemas de manejo (%) = 17,76; CV velocidades na operação de semeadura (%) = 11,02. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Já na velocidade de 9 km h⁻¹, o tratamento SD foi o que apresentou maior diâmetro do caule nas plantas de sorgo, diferindo estatisticamente dos tratamentos GP e GPL (Tabela 26). Estudando os sistemas de manejo para cada velocidade de operação de semeadura, notou-se que nos sistemas SD e GPL encontrou-se influencia das velocidades, sendo que a velocidade de 3 km h⁻¹ se diferenciou das demais.

Entre as médias dos sistemas de manejo não houve diferença significativa, enquanto que para as médias das velocidades observou-se diferenças significativas, sendo que a maior velocidade (9 km h⁻¹) proporcionou os maiores valores para diâmetro do caule. Isto ocorreu devido ao fato de ter havido menor crescimento populacional inicial e final de plantas, o que favoreceu maior absorção de água e nutrientes do solo. Outro fator a ser

destacado neste parâmetro é que, quanto maior o diâmetro do caule, menor a ocorrência de tombamento lateral; assim facilitando a ensilagem das plantas de sorgo forrageiro.

4.16 Massa verde e massa seca da parte aérea

Comparando-se os valores das médias das massas verde e seca, da parte aérea por planta de sorgo (Tabelas 27 e 28), entre os sistemas de manejo, verificou-se que o tratamento GP foi o que apresentou maior massa verde e seca, porém não diferiu estatisticamente dos tratamentos SD e CR.

Analisando os sistemas de manejo, dentro de cada velocidade, constatou-se que, nas velocidades de 3, 5 e 6 km h⁻¹, o tratamento GP foi o que apresentou maior massa verde e seca da parte aérea por planta, não diferindo estatisticamente do tratamento SD. Na maior velocidade (9 km h⁻¹), o tratamento SD foi o que apresentou maior massa seca, diferindo dos tratamentos GP e GPL (Tabelas 27 e 28). Isto demonstrou que o aumento da velocidade de semeadura ocasionou menor população de plantas, que gerou menor competição por luz e maior absorção de água e nutrientes pelas plantas, refletindo em maior diâmetro de caule.

Tabela 27. Massa seca da parte aérea (g planta⁻¹) na fase de maturação em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.

Sistemas de manejo	Velocidades na operação de semeadura (km h ⁻¹)				Médias
	3	5	6	9	
SD	122,25 abB	128,50 abB	144,32 abB	198,23 aA	148,33 ab
GP	123,15 aB	158,53 aA	170,75 aA	158,40 bA	157,71 a
CR	113,70 abB	143,78 abAB	135,38 bB	175,42 abA	142,07 ab
GPL	103,24 bB	117,55 bB	148,66 abA	155,39 bA	131,21 b
Médias	115,585 C	137,09 B	149,778 B	171,86 A	

DMS médias = 20,58; DMS interação = 34,75; CV sistemas de manejo (%) = 17,99; CV velocidades na operação de semeadura (%) = 15,36. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 28. Massa verde da parte aérea (g planta⁻¹) na fase de maturação em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.

Sistemas de manejo	Velocidades na operação de semeadura (km h ⁻¹)				Médias
	3	5	6	9	
SD	602,25 abB	608,50 abB	624,32 abB	679,23 aA	628,58 ab
GP	623,15 aA	638,53 aA	650,75 aA	638,40 bA	637,71 a
CR	593,70 abC	623,78 abAB	615,38 bBC	655,42 abA	622,07 ab
GPL	583,20 bB	598,55 bB	628,75 abB	635,35 bA	611,46 b
Médias	600,57 C	617,34 BC	629,80 B	652,10 A	

DMS médias = 20,68; DMS interação = 34,05; CV sistemas de manejo (%) = 14,99; CV velocidades na operação de semeadura (%) = 14,30. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O tratamento GP (gradagem pesada + semeadura) proporcionou incorporação de resíduos vegetais, mantendo cobertura de superfície na ordem de 34,13% (Tabela 8). Além disso, ocasionou maior reciclagem de nutrientes e aumentou na proteção do solo contra o impacto da gota da água da chuva, mantendo o teor de umidade e impedindo a infestação de plantas invasoras.

Nas tabelas 27 e 28, pode-se observar que em todos os sistemas de manejo houve tendência crescente quanto ao aumento da massa seca da parte aérea com acréscimo da velocidade de semeadura, assim concordando com Zago (1991).

4.17 Massa de mil grãos

Na Tabela 29, são apresentados os valores da massa de mil grãos (g), em função dos sistemas de manejo e velocidades de semeadura. Verifica-se que não houve diferença significativa entre as médias dos sistemas de manejo do solo estudados.

Por outro lado, ao aumentar a velocidade na operação de semeadura notou-se que, entre as médias a velocidade de 9 km h⁻¹ foi a que apresentou maior massa de mil grãos e diferiu apenas da velocidade de 3 km h⁻¹. Em função da maior massa verde e menor população de plantas, obteve-se plantas mais vigorosas e assim produzindo maior

massa de mil grãos, conseqüentemente uma planta de maior valor nutritivo, visto que é no grão que se encontram os nutrientes de mais fácil digestão, concordando com Ribas (2004).

Tabela 29. Massa de mil grãos (g) em função dos sistemas de manejo e velocidades na operação de semeadura.

Sistemas de manejo	Velocidades na operação de semeadura (km h ⁻¹)				Médias
	3	5	6	9	
SD	70,44 aA	69,45 aA	71,67 aA	77,31 aA	72,22 a
GP	71,44 aA	71,32 aA	72,46 aA	71,69 aA	71,73 a
CR	65,65 abB	67,99 aB	71,46 AB	77,78 aA	70,72 a
GPL	60,35 bB	66,89 aB	69,49 AB	75,71 aA	68,11 a
Médias	66,97 B	68,91 AB	71,27 AB	75,62 A	

DMS médias: 6,35; DMS interação: 9,79; CV sistemas de manejo (%) = 12,27; CV velocidades na operação de semeadura (%) = 9,99. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.18 Produtividades de massa verde e de massa seca

Após a colheita do sorgo, secagem e pesagem (Tabelas 30 e 31), foram observadas diferenças significativas entre os sistemas de manejo, sendo que as maiores produtividades ocorreram nos tratamentos de SD e GP.

Entre as médias dos sistemas de manejo, a semeadura direta (SD) foi a que apresentou a maior produtividade, devido ao fato da área experimental ter sido cultivada há onze anos em sistema de semeadura direta e com isso disponibilizar boa quantidade de nutrientes para as plantas. Além do fato deste sistema manter a umidade do solo por meio da cobertura residual por mais tempo do que os outros sistemas de manejo. Assim na época de baixa pluviosidade que coincide com a fase final do desenvolvimento do sorgo forrageiro, o sistema de semeadura direta mantém as características do solo mais favoráveis ao desenvolvimento. Já as médias das velocidades se diferenciaram entre si, destacando a velocidade de 5 km h⁻¹.

O sorgo foi semeado na época recomendada pela literatura, obtendo-se produtividade de massa verde e massa seca superior à média nacional, que é de 50 toneladas por hectare de massa verde e de 14 toneladas de massa seca por hectare. O que deve ter ocorrido devido a uma boa precipitação durante o florescimento e enchimento de grãos.

Tabela 30. Valores médios de produtividade de massa verde do sorgo (kg ha^{-1}) em função dos sistemas de manejo e das velocidades na operação de semeadura.

Sistemas de manejo	Velocidades na operação de semeadura (km h^{-1})				Médias
	3	5	6	9	
SD	51.309 aA	51.371 aA	51.321 aA	51.244 aA	51.311 a
GP	51.260 aA	51.294 abA	51.143 bAB	51.033 bB	51.145 ab
CR	51.172 abA	51.156 bcA	49.059 cB	48.099 bC	49.872 b
GPL	50.068 bB	51.126 cA	51.054 bcA	49.006 bC	50.314 c
Médias	50.952 B	51.217 A	50.644 C	49.845 D	

DMS médias = 141,74; DMS interação: 166,66; CV sistemas de manejo (%) = 11,21; CV velocidades na operação de semeadura (%) = 7,64. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada+ semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 31. Valores médios de produtividade de massa seca do sorgo (kg ha^{-1}) em função dos sistemas de manejo e das velocidades na operação de semeadura.

Sistemas de manejo	Velocidades na operação de semeadura (km h^{-1})				Médias
	3	5	6	9	
SD	16.309 aA	16.371 aA	16.321 aA	16.244 aA	16.311 a
GP	16.260 aB	16.294 abA	16.143 bA	16.033 bB	16.183 ab
CR	16.172 abA	16.156 b A	15.959 cB	15.899 bB	16.047 bc
GPL	16.068 bAB	16.126 cA	16.054 bcAB	15.906 bB	16.039 c
Médias	16.202 AB	16.263 A	16.119 BC	16.020 C	

DMS médias = 141,70; DMS interação = 166,58; CV sistemas de manejo (%) = 11,21; CV velocidades na operação de semeadura (%) = 7,64. SD = Semeadura direta; GP = Grade pesada + semeadura; GPL = Grade pesada + duas gradagens leves + semeadura; CR = Escarificação + semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Deste modo, pode-se afirmar que a competição entre plantas foi menor à medida que se aumentou a velocidade, devido a menor densidade de plantas na linha de semeadura, permitindo maior desenvolvimento das plantas. Fey et al. (2000) relataram que o aumento da velocidade na operação de semeadura do milho não afetou a produtividade. Furlani et al. (2004), estudando diferentes velocidades na operação de semeadura do milho, verificaram que a produtividade se apresentou melhor em velocidades menores como 3 e 5 km h⁻¹.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido, conclui-se que:

A variação da velocidade na operação de semeadura não proporcionou acréscimo nos valores da força de tração média na barra do conjunto trator-semeadora-adubadora.

Os consumos horário e operacional de combustível não foram influenciados pelos sistemas de manejo e são inversamente proporcionais ao aumento da velocidade de trabalho.

Com o aumento da velocidade houve diminuição na população de plantas, aumento de massa verde e seca da parte aérea, da massa de mil grãos e do diâmetro do caule, sem alteração na altura de plantas.

Com relação a produtividade, o sistema de semeadura direta foi o que apresentou melhor resultado na velocidade de 5 km h⁻¹. Nas outras velocidades notou-se menores produtividades, entretanto com maior massa de mil grãos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 519-531, 2004.

ALMEIDA, J. A. et al. Propriedades químicas de um Cambissolo húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 437-445, 2005.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. ASAE standards: **Standards engineering practices data**. 43. ed. Niles Road, 1996. 414 p.

ANDREOLLA, R. M. V.; GABRIEL FILHO, A. Demanda de potência de uma semeadora com dois tipos de sulcadores em áreas compactadas pelo pisoteio de animais no sistema integração lavoura-pecuária. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p.768-776, 2006.

ARAÚJO, A. G. **Estimativa e classificação da compactação do solo pelo tráfego de máquinas agrícolas através da modelagem nebulosa**. 2004. 224 f. Tese (Doutorado em Sistemas Digitais) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ARAÚJO, A. G. et al. Mobilização de solo e emergência de plantas na semeadura direta de soja (*Glycine max* L.) e milho (*Zea mays* L.) em solos argilosos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 226-237, 1999.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 307 p.

BELTRAME, L. F. S.; GONDIM, L. A. P.; TAYLOR, J. C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 5, p. 145-149, 1981.

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

BERTOL, O. J.; FISCHÉ, I. I. Semeadura direta versus sistemas de manejo reduzido: efeito na cobertura do solo e no rendimento da cultura da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 17, n. 2, p. 87-96, 1997.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo, 1990. 355 p.

BOLLER, W.; GAMERO, C. A.; PEREIRA, O. J. Avaliação de diferentes sistemas de preparo e de condições de cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 17, n. 2, p. 52-63, 1997.

BOLLER, W.; GAMERO, C. A.; PEREIRA, O. J. Avaliação de diferentes sistemas de manejo e de condições de cobertura do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25.; CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1996, Bauru. **Anais...** Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996.

BOLLER, W. **Avaliação de diferentes sistemas de manejo do solo visando à implantação da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** 1996. 272 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

BORTOLOTTI, V. C.; PINHEIRO NETO, R.; BORTOLOTTI, M. C. Demanda energética de uma semeadora-adubadora para soja sob diferentes velocidades de deslocamento e coberturas do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 122-130, 2006.

BOTTA, G. F. et al. Deep tillage and traffic effects on subsoil compaction and sunflower (*Helianthus annuus* L.) yields. **Soil and Tillage Research**, v. 91, p. 164-172, 2006.

BRANQUINHO, K. B.; FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; BORSATTO, E. A. Desempenho de uma semeadora-adubadora direta, em função da Velocidade de deslocamento e do tipo de manejo da biomassa da Cultura de cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 374-380, 2004.

BUTIERRES, E.; CARO, S. M. Análise da uniformidade de espaçamento e danificação mecânica na distribuição de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 11., Brasília, 1981. **Anais...** Brasília: SBEA, 1983. v. 3, p. 1161-1168.

CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 789-796, 2005.

CAMILO, A. J. et al. Influência de mecanismos rompedores e velocidades de trabalho no desempenho de uma semeadora-adubadora de plantio direto do feijão. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 12, n. 3, p. 203-211, 2004.

CARTER, M. R. Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies of fineloamy sands. **Canadian Journal Soil Science**, v. 70, p. 425-433, 1990.

CASÃO JÚNIOR, R.; ARAÚJO, A. G.; RALISH, R. Desempenho da semeadora-adubadora Magnum 2850 em plantio direto no basalto paranaense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 523-532, 2000.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A. G.; RALISCH, R. Metodologia para avaliação de semeadoras-adubadoras de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1999. 1 CD-ROM.

CAVALIERI, K. M. V. et al. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 137-147, 2006.

CHAILA, S. Métodos de evaluación 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 utilizadas em sistemas conservacionistas de manejo do solo**. 1998. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

CORTEZ, J. W. et al. Avaliação de uma semeadora-adubadora em plantio direto para a cultura da soja. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 4, p. 268-276, 2005.

COSTA, F. S. et al. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e manejo convencional. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 527-535, 2003.

CRUZ, A. C. R. et al. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1105-1112, 2003.

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

DELAFOSSE, R. M. **Máquinas sembradoras de grano grueso**. Santiago: Oficina Regional de la FAO para America Latina y el Caribe, 1986. 48 p.

DERPSCH, R. Importância da cobertura do solo e do manejo conservacionista. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO, 1.; SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DO

SOLO NO PLANALTO, 3., 1984, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: PIUCS/UPF, 1984. p. 153-66.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, DF, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FALLEIRO, R. M. et al. Influência dos sistemas de manejo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, 2003.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. Brasil: expansão da área cultivada em plantio direto de 1992-1993 a 2006-2007: safra verão/safrinha/inverno. Ponta Grossa, 2005. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br/br%20evolucao%20pd%2093-04.htm>>. Acesso em 14 abr 2009.

FERNANDES, L. A. et al. Manejo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em Latossolo sob vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 9, p. 247-254, 1998.

FERNANDES, J. C. et al. Efeito de preparos do solo e doses de boro no desenvolvimento do girassol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 31., 2007 Gramado-RS. **Resumos expandidos...** Gramado: SBCS, 2007. 1 CD ROM.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, Lavras Departamento de Ciências Exatas, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG.

FERRERAS, L. A. et al. Parámetros físicos del suelo en condiciones no perturbadas y bajo laboreo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 161-170, 2001.

FEY, E.; SANTOS, S. R. Efeito da velocidade de semeadura sobre a população de plantas, distribuição longitudinal e produção de grãos de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1 CD-ROM.

FEY, E.; SANTOS, S. R.; FEY, A. Influência da velocidade de semeadura sobre a produtividade de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1 CD-ROM.

FURLANI, C. E. A. et al. Semeadora-adubadora: exigências em função do preparo do solo, da pressão de inflação do pneu e da velocidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 345-352, 2008.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; ROUVERSON, P. da S. Avaliação de semeadora-adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de manejo do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 458-464, 2005a.

FURLANI, C. E. A.; ROUVERSON, P. da S.; REIS, G. N. dos. Exigências de uma semeadora-adubadora de precisão variando a velocidade e a condição da superfície do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 920-923, 2005b.

FURLANI, C. E. A. et al. Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão, em função do manejo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 388-395, 2004.

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

FURLANI, C. E. A. **Efeito do manejo do solo e do manejo da cobertura de inverno na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2000. 218 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

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

GADANHA JUNIOR, C. D. et al. **Máquinas e implementos agrícolas do Brasil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1991. 468 p.

GAMERO, C. A.; LANÇAS, K. P. Ensaio e certificação das máquinas de mobilização periódica do solo. In: MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaio e certificação**. Piracicaba: CNPq-PADCT, TIB, FEALQ, 1996. p. 463-514.

GAMERO, C. A. et al. Decomposição da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) manejada com rolo-faca e triturador de palhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1997.

GAMERO, C. A. **Enxada rotativa: desempenho em função do tipo de lâmina, do número de pares de lâminas por flange, da rotação do rotor e da velocidade de deslocamento**. 1991. 227 f. Tese (Livre Docência em Máquinas Agrícolas) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1991.

- GARCIA, L. C. et al. Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 520-527, 2006.
- HOLTZ, G. P.; SÁ, J. C. M. Resíduos culturais: reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1 ed. 1995, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1995, p. 21-36.
- IAIA, A. M.; MAIA, J. C. S.; KIM, M. E. Uso do penetrômetro eletrônico na avaliação da resistência do solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 523-530, 2006.
- JASPER, R.; JANSZEN, U.; JASPER, M.; GARCIA, L. C. Distribuição longitudinal e germinação de sementes de milho com emprego de tratamento fitossanitário e grafite. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 284-291, jan./abr. 2006.
- JONES, J. N. et al. The no-tillage system for corn (*Zea mays* L.). **Agronomy Journal**, Madison, v. 60, p.17-20, 1968.
- KAISER, D. R. et al. Influência da compactação adicional e da escarificação na resistência do solo e no desenvolvimento radicular e produtividade do trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 30., 2005, Recife, PE: **Resumos expandidos...** Recife: SBCS, 2005. 1 CD-ROM.
- KLEIN, V. A. Densidade relativa – um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 1, n. 5, p. 26-32, 2006.
- KLEIN, V. A et al. Efeito da velocidade na semeadura direta de soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 75-82, 2002.
- KLEIN, V. A.; BOLLER, W.; CANDATEN, A.; BORTOLOTTI, D. R.; DALPAZ, R. C. Avaliação de escarificadores e resposta da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 307-311, 1995.
- KOAKOSKI, A. et al. Desempenho de semeadora-adubadora utilizando-se dois mecanismos rompedores e três pressões da roda compactadora. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 5, p. 725-731, 2007.
- KURACHI, S. A. H. et al. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaio e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, Campinas, v. 48, n. 2, p. 62-249, 1989.
- LAFLEN, J. M.; AMENIYA, A.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 36, n. 6, p. 341-343, 1981.

LANÇAS, K. P.; BENEZ, S. H. Influência da velocidade de subsolagem no consumo de combustível e na área mobilizada do solo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, n. 1, v. 3, p 25-30, 1988.

LEONEL, C. L. et al. Relação da compactação do solo com a cultura do amendoim. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 70-81, 2007.

LEVIEN, R.; GAMERO, C. A.; FURLANI, E. A. Manejo convencional e reduzido em solo argiloso em diferentes condições de cobertura de inverno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 23, n. 2, p. 277-289, 2003.

LEVIEN, R.; GAMERO, C. A. Semeadura de milho em diferentes manejos e condições de cobertura do solo: primeiro ano de implantação. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 82-97, 2000.

LEVIEN, R. **Condições de cobertura e método de manejo do solo para a implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1999. 305 f. Tese (Doutorando em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 1999.

LEVIEN, R.; MARQUES, J. P.; BENEZ, S. H. Desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão, em semeadura de milho (*Zea mays* L.), sob diferentes formas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. 1 CD-ROM.

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

LIEPIC, J. et al. Soil physical properties and growth of spring barley as related to the degree of compactness of two soils. **Soil and Tillage Research**, v. 19, p. 307-317, 1991.

LIMA, C. L. R de; PILLON, C. N.; LIMA, A. C. R de. Qualidade Física do Solo: Indicadores Quantitativos. **Informações Técnicas**. Pelotas. Embrapa Clima Temperado, 2007. 25 p. (EMBRAPA Clima Temperado - documento 196).

LIMA, C. L. R de. et al. Heterogeneidade da compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pomar de laranja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 409-414, 2004.

LOPES, A. et al. Desempenho de um trator em função do tipo de pneu da lastragem e da velocidade de trabalho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 366-370, 2005.

MAGALHÃES, P. C.; RODRIGUES, W. A.; DURÃES, F. O. M. **Tanino no grão de sorgo: bases fisiológicas e métodos de determinação**. Sete Lagoas: EMBRAPA - CNPMS, 1997. 26 p. (EMBRAPA - CNPMS. Circular Técnica, 27).

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46 p. (Embrapa Milho e Sorgo - Circular Técnica, 3).

MAGLEBY, R. S.; SCHERTZ, D. L. Conservation tillage chalks up steady gains. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 67, n. 1, p. 6-14, 1988.

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

MAHL, D. et al. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 150-157, 2004.

MAIA, J. C. de S. **Determinação de esquemas de amostragem para avaliação de propriedades físicas do solo sob diferentes sistemas de manejo**. 1999. 158 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

MANTOVANI, E. C.; BERTAUX, S.; ROCHA, F. E. C. Avaliação da eficiência operacional de diferentes semeadoras-adubadoras de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 12, p. 1579-1686, 1992.

MARQUES, J.P. **Efeito dos sistemas de manejo do solo e da cobertura de entressafra na cultura da soja (*Glycine max L.*)**. 2002. 224 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciência Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

MASOJIDEK, J.; TRIVEDI, S.; HALSHAW, L.; ALEXIOU, A.; HALL, D. O. The synergetic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 96, p. 198-207, 1991.

MAZIERO, J. V. G et al. Efeito da patinação da roda motriz de um trator agrícola na compactação do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 1-11, 1997.

MELLO, A. J. R. et al. Produtividade de híbridos de milho em função da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 479-486, 2007.

MELLO, J. S. Integração lavoura-pecuária em sistema de plantio direto. Passo Fundo: **Metas**, 1998. 36 p.

MERCANTE, E. et al. Demanda energética e distribuição de sementes de milho em função da velocidade de duas semeadoras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 424-428, 2005.

MITSUIKI, C. **Efeito de sistemas de manejo de solo e do uso de microorganismos eficazes nas propriedades físicas do solo, produtividade e qualidade de batata.** 2006. 97 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2006.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 95-102, 1983.

NAGAOKA, A. K.; NOMURA, R. H. C. Tratores: semeadura. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 18, p. 24-26, 2003.

OLIVEIRA, A. C.; VIEIRA, L. B.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, C. M. de; DIAS, G. P. Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1455-63, 2000.

OLIVEIRA, M. L. **Avaliação do desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em duas classes de solo com diferentes tipos de cobertura vegetal.** 1997. 50 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

PACHECO, E. P.; MANTOVANI, E. C.; MARTYN, P. J.; OLIVEIRA, A. C. Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.3, p.209-214, 1996.

PEREIRA, E. S. **Avaliações qualitativas e quantitativas das plantas daninhas na cultura da soja submetidas aos sistemas de plantio direto e convencional.** 1996. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 1996.

PORTA, C. J.; LÓPEZ, A. R. M.; ROQUERO, L. C. **Edafología para la agricultura y el medio ambiente clasificación.** 2. ed. Ediciones Mundi-Prensa. 1999. 849 p.

PORTELLA, J. A.; SATTER, A.; FAGANELLO, A. Efeito da velocidade de trabalho de semeadoras sobre o desempenho de mecanismos dosadores de sementes do tipo disco alveolado horizontal, na semeadora de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998, v. 3, p. 43-45.

PORTELLA, J. A.; FAGANELLO, A. Índice de emergência de plântulas de soja e milho em semeadura direta no Sul do Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 7, n. 2, p. 7-78, 1997.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais.** São Paulo: Nobel, 1984. 541 p.

PUTNAM, A. R.; DEFRANK, J.; BARNES, J. P. Exploration of allelopathy for weed control in annual and perennial cropping systems. **J. Chem. Ecol.**, v. 9, n. 8, p. 1001-1010, 1983.

RAHMAN, S.; CHEN, Y. Laboratory investigation of cutting forces and soil disturbance resulting from different manure incorporation tools in a loamy sand soil, **Soil and Tillage Research**, v. 58, p. 19-29, 2001.

RAIJ, B. van. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RALISCH, R.; FURLANI JR., J. A. Avaliação comparativa do desempenho de dois tipos de escarificadores e um arado de discos, trabalhando em Latossolo Roxo. **Engenharia Agrícola**, v.16, p.93-102, 2001.

RALISCH, R. **Análise comparativa do desempenho de três equipamentos de manejo de solo na descompactação de um Latossolo Roxo**. Botucatu, 1999. 105 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Apostila de material didático. Santa Maria, 2006.

REIS, E. F dos et al. Densidade do solo no ambiente solo-semente e velocidade de emergência em sistema de semeadura de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 777-786, 2006.

REIS, E. F dos et al. Avaliação de mecanismos rompedores e compactadores em semeadura direta. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 12, n. 3, p. 212-221, 2004.

REIS, A. V dos. Erros na semeadura. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 2, p. 3-12, 2001.

RIBAS, P. M. **Sistema de produção 2**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. “não paginado”.

ROCHA, F. E. de C.; CUNHA, J. P. A. da; FRANZ, C. A. B.; FOLLE, S. M. Avaliação de três mecanismos de distribuição de sementes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 331-337, 1998.

RODRIGUES, J. G. L.; GAMERO, C. A. Demanda energética e capacidade de campo efetiva em diferentes sistemas de manejo do solo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 55-62, 2006.

RODRIGUES, R. A. F. **Efeitos de tipos de manejos nos seus atributos físicos do solo e nas características fenológicas e produtividades do arroz de terras altas irrigado por**

aspersão. 2001. 75 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2001.

ROSOLEM, C. A.; FURLANI JR, E.; BICUDO, S. J.; MOURA, E. G.; BULHÔES, L. H. Preparo do solo e sistema radicular do trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 16, n. 1, p. 115-120, 1992.

SALVADOR, N.; BENEZ, S. H. Manejo periódico do solo II: consumo energético e desagregação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus: **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. p. 1722-1731.

SANTANA, M. B. et al. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores de horizontes coesos em dois solos de Tabuleiros Costeiros do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 1-12, 2006.

SANTOS, A. P.; VOLPATO, C. E. S.; TOURINO, M. C. C. Desempenho de três semeadoras-adubadoras de plantio direto para a cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 540-546, 2008.

SANTOS, H. P.; TOMM, G. O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n.3, p. 477-486, 2003.

SANTOS, S. R. et al. Espaço livre entre orifícios de discos dosadores e sementes de milho na eficiência de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 300-308, 2003.

SCHIMANDEIRO, A. et al. Distribuição longitudinal de plantas de milho (*Zea mays* L.) na região dos Campos Gerais, Paraná. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 977-980, 2006.

SENGIZ, E. **Roteiros de aulas práticas: solos e adubação**, 16 f. Curso de zootecnia, Maringá-Paraná, 2005..

SILVA, C. C da; SILVEIRA, P. M da. Influências de sistemas agrícolas em características químico-físicas do solo. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 505-515, 2002.

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

SILVA, P. R. A.; BENEZ, S. H. Avaliação de forças resultantes de mecanismos sulcadores de semeadoras-adubadoras de plantio direto. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 20, n. 2, p. 76-82, 2005.

SILVA, S. L. **Avaliação de semeadoras para plantio direto: demanda energética, distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes em diferentes**

velocidades de deslocamento. 2000. 123 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

SILVA, S. de L. et al. Demanda energética em sistema de semeadura direta em milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. 2000. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000b, 1CD-ROM.

SILVEIRA, J. C. M. et al. Semeadura e manejo da cultura de girassol. In: LEITE, R. M. V. B de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, de C. **Girassol no Brasil.** Londrina: Soja, 2005a. 392 p.

SILVEIRA, J. C. M. et al. Força de tração e potência de uma semeadora em duas velocidades de deslocamento e duas profundidades de deposição de sementes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 125-128, 2005b.

SILVEIRA, J. C. M.; GABRIEL FILHO, A.; SECCO, D. Demanda de potência e força de tração de uma semeadora na implantação do milho safrinha sob plantio direto. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 4, p. 256-267, 2005c.

SIQUEIRA, R. et al. Variabilidade da demanda energética de hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras diretas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola; UNIOESTE, 2001. 1CD-ROM.

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

SOUZA, A. P. et al. Comparação entre índice de erosividade e a perda do solo medida em campo no momento do evento pluviométrico em ambiente agrícola serrano – Paty do Alferes / RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 30., 2005, Recife-PE. **Resumos expandidos...** Recife, 2005. 1CD-ROM.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 207-212, 2002.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P da M. Efeitos do sistema de manejo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 83-91, 1999.

STURNER, S. L. K. et al. Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo do solo na cultura do fumo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 30., Recife-PE. **Resumos expandidos...** Recife, 2005. 1CD-ROM.

STRECK, C. A. et al. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 755-760, 2004.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Soja, 1999. 58 p. (Circular Técnica, 23).

TOURINO, M. C. C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaio e avaliação de semeadora-adubadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 8., 1983, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1983, v. 2, p. 103-16.

TRITIN, C. G.; PINHEIRO NETO, R.; BORTOLOTTI, V. C. Demanda energética por uma semeadora-adubadora para plantio direto, submetida a três velocidades de operação. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 127-131, 2005.

TUPPER, G.; PRINGLE, III. H. C. Cotton response to in-row subsoilers Reprinted from the Proceedings of the Beltwide Cotton Conference. **National Cotton Council**, Memphis, v. 1, p. 613-616, 1997. TN 614. CD-ROM.

VASQUEZ, E. V.; DE MARIA, I. C. Influencia del laboreo sobre la rugosidad del suelo y la retención de agua en un Ferrasol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. **Resumo expandido...** Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1CD-ROM.

VIANA, A. C. Rotação e sucessão de culturas envolvendo sorgo, soja e milho. Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 1988-1991, EMBRAPA, Sete Lagoas, MG, p.191-193. 1992.

VIEIRA, L. B.; REIS, E. F. **Máquinas para o plantio direto**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 43-48, 2001.

ZAFFARONI, E.; BARROS, H. H de A.; NÓBREGA, J. A. M.; LACERDA, J. T de.; SOUZA JR, V. E de. Efeito de métodos de preparo do solo na produtividade e outras características agrônômicas de milho e feijão no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 99-104, 1991.

ZAGO, C. P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., Piracicaba, 1991. **Anais...** Piracicaba, ESALQ. p. 169-217.