

**EFEITO DA PROFUNDIDADE DE HASTES  
SULCADORAS NA PATINAGEM, FORÇA DE  
TRAÇÃO E CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DE  
UM TRATOR AGRÍCOLA**

**MARCOS ANTONIO ZAMBILLO PALMA**

**2010**

**MARCOS ANTONIO ZAMBILLO PALMA**

**EFEITO DA PROFUNDIDADE DE HASTES SULCADORAS NA  
PATINAGEM, FORÇA DE TRAÇÃO E CONSUMO DE COMBUSTÍVEL  
DE UM TRATOR AGRÍCOLA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Máquinas e Automação Agrícola, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador  
Prof. Carlos Eduardo Silva Volpato

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Palma, Marcos Antonio Zambillo.

Efeito da profundidade de hastes sulcadoras na patinagem, força de tração e consumo de combustível de um trator agrícola / Marcos Antonio Zambillo Palma. – Lavras : UFLA, 2010.

50 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Carlos Eduardo Silva Volpato.

Bibliografia.

1. Semeadura direta. 2. Integração lavoura-pecuária. 3. Milho. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.53

**MARCOS ANTONIO ZAMBILLO PALMA**

**EFEITO DA PROFUNDIDADE DE HASTES SULCADORAS NA  
PATINAGEM, FORÇA DE TRAÇÃO E CONSUMO DE COMBUSTÍVEL  
DE UM TRATOR AGRÍCOLA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Máquinas e Automação Agrícola, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 18 de fevereiro de 2010

Prof. Jackson Antônio Barbosa

UFLA

Prof. Élberis Pereira Botrel

UFLA

Dr. Carlos Eduardo Silva Volpato  
UFLA  
(orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus, por sempre me acompanhar;

Aos meus pais, José e Lourdes, pelo imenso amor;

A minha irmã Luciana, pelo amor e colaboração;

Aos meus parentes e amigos, pelo carinho;

### **OFEREÇO**

A todas as pessoas que através de atos, palavras e orações têm colaborado em minha jornada pessoal e profissional.

### **DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras, por intermédio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Carlos Eduardo Silva Volpato, pelos ensinamentos e pela paciência.

Ao professor Jackson Antônio Barbosa, pelos ensinamentos e pela dedicação.

Aos professores, membros da banca examinadora, pelas sugestões e observações.

Aos professores do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, pelos ensinamentos.

Aos professores da Universidade Regional Integrada (URI), em especial Lauri, Antônio e José pela ajuda e estímulo.

A todos os amigos, pela ajuda, colaboração e apoio.

A todos os meus parentes, especialmente ao Tio Heitor e ao tio Pedro, pela confiança e incentivo.

## **BIOGRAFIA**

Marcos Antonio Zambillo Palma, filho de Lourdes Zambillo Palma e José Eloi Palma, nasceu em Erechim, RS, em 31 de dezembro de 1985.

Em dezembro de 2002, concluiu o segundo grau no Colégio do Seminário Nossa Senhora de Fátima em Erechim, RS.

Em Março de 2003, ingressou no curso de Engenharia Agrícola na Universidade Regional Integrada – Campus de Erechim, RS, desenvolvendo trabalhos de Iniciação Científica.

Em Janeiro de 2008, desenvolveu trabalhos com armazenagem de grãos e assistência técnica nas culturas de soja, de milho e de trigo na empresa Vaccaro Cereais, no município de Erechim, RS.

Em agosto de 2008, iniciou o Mestrado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Lavras – UFLA – no programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Máquinas e Automação Agrícola, concluindo-o em fevereiro de 2010.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	2
2.1 Trator Agrícola .....	2
2.1.1 Patinagem .....	2
2.1.2 Força de Tração .....	4
2.1.3 Consumo de Combustível.....	5
2.1.4 Demanda de tração em semeadoras equipadas com haste sulcadora.....	6
2.2 Sistema de semeadura direta.....	6
2.3 Integração lavoura-pecuária.....	8
2.3.1 Efeito da pecuária nos solos agrícolas .....	9
2.3.2 Sistemas de integração lavoura-pecuária .....	11
2.3.2.1 Sistema Santa Fé .....	11
2.3.2.2 Sistema Barreirão .....	12
2.4 Cultura do milho .....	13
2.4.1 Dessecação .....	14
2.4.2 Controle de plantas daninhas na cultura do milho .....	14
2.4.3 Adubação de cobertura .....	15
2.4.4 Colheita e Armazenagem.....	16
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3.1 Características e histórico da área experimental.....	18
3.1.1 Histórico da área experimental.....	18
3.1.2 Solo .....	18
3.2 Tratamentos e parcelas experimentais .....	19

3.3 Máquinas e implementos .....	20
3.3.1 Trator .....	20
3.3.2 Semeadora-Adubadora .....	21
3.3.3 Pulverizador.....	23
3.4 Métodos .....	24
3.4.1 Patinagem.....	24
3.4.2 Força de Tração .....	24
3.4.3 Consumo de Combustível.....	26
3.4.4 Consumo Específico de Combustível .....	27
3.4.5 Capacidade de campo teórica.....	28
3.5 Instalação e condução do ensaio .....	28
3.5.1 Adubação.....	29
3.5.2 Regulagem da Distribuição de Sementes e de Fertilizantes.....	29
3.5.3 Controle de plantas daninhas .....	31
3.5.4 Colheita do milho.....	31
4 RESULTADOS .....	33
4.1 Resistência à penetração.....	33
4.2 Biomassa do Solo .....	34
4.3 Consumo de Combustível, Força de Tração e Índice de Patinagem.....	34
4.4 Potência na Barra de Tração, Consumo Específico de Combustível e Capacidade de Campo Teórica .....	37
4.5 Produtividade da cultura do milho.....	39
5 CONCLUSÕES .....	43
6 REFERÊNCIAS .....	44

## RESUMO

PALMA, Marcos Antonio Zambillo. **Efeito da profundidade de hastes sulcadoras na patinagem, força de tração e consumo de combustível de um trator agrícola.** 2010. 50p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.\*

A consolidação do sistema de semeadura direta propociona grandes benefícios ao meio ambiente, sendo também notável a redução dos custos de produção devido a não realização de operações como aração, subsolagem, escarificação e gradagem. Porém, nesse sistema ocorrem muitos problemas relacionados à compactação das camadas superficiais em função do tráfego de máquinas e, principalmente, em função do consórcio lavoura-pecuária. A solução encontrada pelos agricultores tem sido a substituição - na semeadora-adubadora - do sulcador disco duplo pela haste sulcadora, que atua em profundidades superiores. O presente estudo teve como objetivo avaliar diferentes profundidades de trabalho da haste sulcadora, analisando o consumo de combustível, força de tração, índice de patinagem, potência na barra de tração, consumo específico de combustível e capacidade de campo teórica de um trator agrícola tracionando uma semeadora-adubadora em solo compactado em sistema de integração lavoura-pecuária. Foi também avaliada a produtividade da cultura do milho. Os tratamentos foram: 100, 150, 200 e 250 mm de profundidade de trabalho da haste sulcadora. Os ensaios foram desenvolvidos num Latossolo Vermelho Distroférrico típico argiloso (LVdf), em que os resultados da análise granulométrica na camada de 0-300 mm apresentaram os valores médios de 0,16, 0,18 e 0,66 kg kg<sup>-1</sup> para areia, silte e argila respectivamente, sendo classificado como de textura muito argilosa. Conclui-se que o aumento da profundidade de trabalho da haste sulcadora em semeadoras-adubadoras equipadas para a semeadura direta de milho em solos compactados pelo pisoteio bovino ocasiona aumento do consumo de combustível, do índice de patinagem e do esforço de tração. Porém, quando a ponteira da haste sulcadora trabalhou posicionada 200 mm de profundidade foram obtidas reduções nos parâmetros força de tração e índice de patinagem, quando comparada com a profundidade de trabalho, das hastes sulcadoras, de 150 mm. A Produtividade da cultura do milho se apresentou favorável ao aumento da profundidade da haste sulcadora até a profundidade de 200 mm que não diferiu da profundidade de

	250	mm.
--	-----	-----

---

\* Comitê Orientador: Carlos Eduardo Silva Volpato – UFLA (Orientador), e Jackson Antônio Barbosa - UFLA.

## ABSTRACT

PALMA, Marcos Antonio Zambillo. **Effects of work operation depth of shanks in a seeder-fertilizer in slip, tractive effort and fuel consumption of a tractor**. 2010. 50p. Dissertation (Master of Science in Agricultural Engineering) - Universidade Federal de Lavras, Lavras\*

The direct sowing system bring many benefits to the environment and also reduction in production costs, since operations such plowing, sub soiling, chiseling and harrowing are unnecessary. However, there are many problems regarding to compaction of the surface layers of soils due to machinery traffic and crop-livestock integration. The solution found by the farmers is the change of the double disc on the seeders for the shanks, which operates deeper. Therefore, this work aimed to evaluate different operation depths of the shank, analyzing the fuel consumption, traction force, slip index, draw-bar leverage, specific consumption of fuel and the theoretical field capacity of a tractor pulling a seeder-fertilizer over a soil compacted due to crop-livestock integration. The treatments were composed by four depths of the shanks, which were placed operating at 100, 150, 200 and 250 mm depth. The experiments were carried out in randomized blocks design with four treatments and three repetitions at the Engineering Department of the Federal University of Lavras. The results showed that the increasing of operation depth of the shanks in a compacted soil increases the fuel consumption, the slip index and the leverage on the draw-bar. Altho, when the shanks operated 50 mm beyond the most compacted layer, the traction force and the slip index have decreased. Though, the theoretical field capacity augmented. Productivity of maize is presented in favor of increased depth of the shank to a depth of 200 mm that, statistically, remained similar to the depth of 250 mm.

---

\* Guidance Committee: Carlos Eduardo Silva Volpato – UFLA (Major Professor) and Jackson Antônio Barbosa - UFLA.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas propriedades agrícolas, observa-se que a margem de lucro com o cultivo de commodities está cada vez menor, provocando o desenvolvimento e o aprimoramento de novas técnicas de cultivo como a consorciação lavoura-pecuária. Essa integração, quando mal manejada, pode agravar o sistema de produção, pois os animais exercem fatores positivos e negativos nas culturas implantadas posteriormente. Por isso, esse sistema deve ser desenvolvido de forma racional, buscando mecanismos que amenizem o efeito prejudicial às culturas para se ter sucesso na exploração das atividades simultaneamente.

A integração lavoura-pecuária pode causar níveis de compactação no solo que restringem o desenvolvimento do sistema radicular da cultura do milho em maiores profundidades, reduzindo a taxa de absorção de nutrientes e de água. Nas camadas superficiais do solo, tal problema se destaca. Por isso, com a utilização dos sulcadores tipo haste, obtém-se um ambiente mais favorável para o desenvolvimento da cultura, refletido em maior produtividade em casos de maiores níveis de compactação. Em contrapartida, com o aumento na profundidade das hastes sulcadoras, ocorre um considerável aumento na patinação, na força de tração e no consumo de combustível do trator agrícola.

Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivos avaliar: a patinação, a força de tração e o consumo de combustível de um trator agrícola tracionando uma semeadora-adubadora dotada de sulcadores tipo haste para a incorporação do adubo. Também, objetivou-se avaliar a produtividade de grãos da cultura do milho em função da profundidade de trabalho das hastes sulcadoras no momento da semeadura.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Trator Agrícola**

Os ensaios em tratores iniciaram-se como “ensaios oficiais”, legais e formais na Universidade de Nebraska em 1920, nos EUA. Nessa época, o trator despontava como promissora fonte de potência mecânica, substituta da tração animal, gerando muita polêmica e inusitado interesse pela inovação. No Brasil, os ensaios tiveram início no final da década de 40, embora a fabricação de tratores nacionais tenha ocorrido cerca de dez anos mais tarde. Os dois primeiros tratores ensaiados no Brasil já haviam sido ensaiados nos EUA e na Inglaterra e limitaram-se às observações de comportamento em operações de preparo primário do solo, anotando-se consumos de combustível e lubrificante, tempos de operação, áreas trabalhadas e eventuais falhas ocorridas. Nessa ocasião, não havia qualquer preocupação com procedimentos de mensuração (Mialhe, 1996).

#### **2.1.1 Patinagem**

A patinagem pode ser medida de diferentes formas. Louzada et al. (2007) compararam três métodos de avaliação do percentual de patinagem de tratores agrícolas e concluíram que esses métodos são indicados para a verificação do percentual de patinagem.

No primeiro, mede-se uma distância de 100m e, com um giz, marca-se o flanco de um dos pneus de tração do trator na sua parte inferior, no início da distância medida. Após isso, os 100m são percorridos na marcha e rotação a serem utilizadas no trabalho, com o implemento levantado, medindo o tempo em segundos gastos para percorrer esta distância. Em seguida, repete-se a operação com o implemento em posição de trabalho, no tempo gasto anteriormente, medindo a distância que faltou para percorrer os 100m. Esta medida é a percentagem de patinagem do trator.

No segundo método, também mencionado por Siveira (1988), marca-se o flanco de um dos pneus de tração do trator com o auxílio de um giz. Com o trator em movimento numa área não trabalhada e com o implemento levantado, finca-se uma baliza no local onde a marca de giz do pneu coincidir com o solo e uma segunda baliza, quando forem completadas 10 voltas do pneu. Com o auxílio de uma trena, mede-se a distância percorrida e repete-se o procedimento com o implemento no solo. A patinagem percentual é calculada pela Equação 1:

$$P_{\%} = \left( \frac{d_0 - d_1}{d_0} \right) \times 100 \quad (1)$$

em que:

$P_{\%}$  = índice de patinagem;

$d_0$  = distância percorrida pelas rodas sem carregamento;

$d_1$  = distância percorrida pelas rodas com carregamento.

Outro método utilizado e recomendado pelos fabricantes de pneus é o da diferença entre os tempos de deslocamentos do trator com e sem carregamento, em uma distância pré-estabelecida, onde a patinagem é dada pela Equação 2:

$$P_{\%} = \left( \frac{t_0 - t_1}{t_0} \right) \times 100 \quad (2)$$

em que:

$P_{\%}$  = índice de patinagem;

$t_0$  = tempo sem carregamento;

$t_1$  = tempo com carregamento.

Segundo Barbosa (1998), o desgaste da banda de rodagem dos pneus ocorre, entre outros fatores, como resultado de deslizamento entre a superfície dos pneus e do terreno e, quanto maior o deslizamento, maior é o desgaste e este,

por sua vez, é maior na parte das garras do pneu que tocam primeiro no solo. O mesmo autor cita Lopes (1996) ao comparar o desgaste da banda de rodagem dos pneus em pista pavimentada e em solo agrícola. Com três níveis de deslizamento 15, 30 e 45%, ocorreu um desgaste respectivo de 0,12, 0,39 e 1,37 mm/km para pista pavimentada, enquanto no solo agrícola, o desgaste foi de 0,0028, 0,0049, 0,0081 mm/km. Observou-se o desgaste extremo dos pneus utilizados em pistas pavimentadas, comprovando a recomendação dos fabricantes de pneus agrícolas sobre a não-utilização em pistas neste estado.

De acordo com Miranda et al. (2000), que avaliaram o desempenho operacional de um trator na subsolagem de um inceptisol, a utilização de pneus novos resultou em desempenho superior do trator em relação ao uso de pneus desgastados para os parâmetros estudados, sendo um deles a patinagem. A combinação entre pneus novos e rotação do motor de 1800 rpm promoveu uma redução de 26,9% na patinagem. Conforme os mesmos autores, a utilização de uma rotação de 1800 rpm combinada ao uso de pneus desgastados, reduziu a patinagem em 19,2%, quando comparado à rotação de 2000 rpm.

### **2.1.2 Força de Tração**

O trator agrícola é selecionado pela sua potência disponível no motor e capacidade de suportar esforços oriundos dos mais diversos equipamentos necessários para realizações de várias tarefas agrícolas. Pelo conhecimento da força necessária na barra de tração e a velocidade de deslocamento do trator para realização de determinada tarefa, é possível calcular a potência na barra de tração, auxiliando a estimativa do rendimento tratórico (coeficiente de conversão da potência do motor em potência na barra) e também a montagem do gráfico da curva de variação de potência na barra em função da variação da força de tração para cada marcha de trabalho. Em cada marcha, à medida em que a solicitação de força na barra aumenta, ocorre um aumento da potência até que seja atingido

um valor máximo para tal marcha. A partir deste ponto, aumentando-se a carga na barra de tração, há um aumento da patinação e decresce a rotação do motor, ocorrendo redução na velocidade de deslocamento e conseqüente decréscimo na potência (Mialhe, 1996).

Segundo Lopes et al. (2005), pneus radiais, com lastro e trabalhando a uma velocidade de 4,57 km/h foram os que apresentaram maiores rendimentos quanto à potência na barra de tração e capacidade de campo efetiva no trator ao tracionar um escarificador.

### **2.1.3 Consumo de Combustível**

De acordo com Silveira (2008), o consumo de combustível de um trator agrícola, horário e específico, tracionando uma semeadora-adubadora de semeadura direta é influenciado pela variação da velocidade de operação e pela rotação do motor.

Segundo Serrano (2007), há uma diminuição média de 10 a 15% no consumo de combustível pelo trator, na operação de mobilização do solo com grades de discos offset, pela seleção de um regime do motor de 70 a 80% do regime nominal, relativamente à seleção do regime nominal.

Lopes et al. (2003) avaliaram o consumo de combustível de um trator agrícola, 4x2 TDA, variando o tipo de pneu (radial, diagonal e baixa pressão), combinando duas condições de lastragem do trator (com e sem água nos pneus) e quatro velocidades de deslocamento. Eles ultimaram que a lastragem com água (75% do volume dos pneus) ofereceu menor consumo específico de combustível, sendo que este teve tendência de aumento com o acréscimo de velocidade do trator, independentemente de apresentar lastro.

#### **2.1.4 Demanda de tração em semeadoras equipadas com haste sulcadora**

De acordo com Casão Junior (2002), os fabricantes de semeadoras-adubadoras utilizam diferentes tipos de desenhos de hastes sulcadoras em suas máquinas. O mesmo autor destaca que nos últimos anos o IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná) vem estudando o desempenho desses componentes isoladamente, observando que há grandes diferenças quanto ao esforço exigido para tracionar e o volume de solo mobilizado, principalmente para trabalhos em solos argilosos. Segundo Araújo et al. (2001), a melhor haste é aquela que consegue penetrar com facilidade no solo mais endurecido superficialmente, típico do sistema de plantio direto, exigindo menor força de tração.

Ao estudar o desempenho de dez semeadoras-adubadoras existentes no mercado nacional, Casão Júnior et al. (2000) concluíram que as hastes respondem por uma parcela importante da força e potência exigidas para tracionar uma semeadora. Quanto à exigência de potência, os autores encontraram variações entre 5,3 e 7,2 cv por linha a 10 cm de profundidade, trabalhando a uma velocidade de deslocamento do conjunto (trator-semeadora) de 5,0 km h<sup>-1</sup> para todas as semeadoras estudadas.

Conte et al. (2008) observaram que, independentemente do desenho da haste sulcadora, a intensidade de pastejo influencia diretamente na demanda de força de tração das hastes sulcadoras.

#### **2.2 Sistema de semeadura direta**

De acordo com Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2010), o sistema de Semeadura Direta é definido como o processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficientes para a adequada cobertura e contato das sementes com a terra. É hoje entendido como um sistema cujos fundamentos interagem, a saber:

1. Eliminação das operações de preparo do solo: como resultado, evita o selamento superficial, decorrente do impacto das gotas de chuva; conseqüentemente, reduz o escoamento superficial e aumenta a infiltração, reduzindo drasticamente a erosão. Há maior manutenção da estabilidade de agregados, melhorando a estrutura do solo, evitando compactação subsuperficial. Reduz as perdas de água por evaporação, aumentando a disponibilidade de água para as plantas, a atividade biológica do solo e a manutenção da matéria orgânica do solo.
2. Uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas: o uso de herbicidas dessecantes significa substituir a energia mecânica do preparo do solo pela energia química (herbicida). É fundamental o uso de métodos integrados de controle de plantas daninhas, como o uso de culturas de cobertura, rotação de culturas e herbicidas específicos.
3. Formação e manutenção da cobertura morta: fornece proteção contra o impacto das gotas de chuva, reduzindo o escoamento superficial, o transporte de sedimentos e, conseqüentemente, a erosão. Atua ainda na proteção do solo contra o efeito dos raios solares, reduzindo a evaporação, a temperatura do solo e a amplitude térmica do solo, protegendo também contra a ação de ventos. Com a sua decomposição, incorpora matéria orgânica ao solo, necessária a uma maior e mais rica atividade microbiana, o que permite maior reciclagem de nutrientes. Além disso, auxilia no controle de plantas daninhas, pela supressão ou efeito alelopático.

O Instituto Agronômico de Campinas – IAC (2009) caracteriza o sistema de semeadura direta como um manejo do solo, onde a palha e os restos vegetais são deixados em sua superfície, sendo revolvido apenas no sulco em que são depositadas as sementes e os fertilizantes. Dentre as vantagens agronômicas desse sistema, destacam-se o controle da erosão, aumento da água armazenada no solo, redução da oscilação térmica, maior atividade biológica e

maior teor de matéria orgânica. Stone & Silveira (1999) verificaram que o sistema de semeadura direta resulta em maior compactação do solo do que o sistema de preparo de solo com arado de aiveca e o sistema com grade aradora. O indispensável tráfego de máquinas aumenta a densidade e a resistência à penetração do solo, reduzindo a porosidade total e a macroporosidade, não afetando significativamente a microporosidade (Streck et al., 2004).

### **2.3 Integração lavoura-pecuária**

De acordo com Kluthcouski et al. (2003), a recuperação das áreas degradadas por lavoura e por pecuária, a preservação ambiental e o aumento da competitividade do agropecuarista são necessidades básicas para a sustentabilidade da agropecuária no Brasil. Os mesmos autores também destacam que uma das melhores alternativas para se conseguir sucesso nessas atividades é a integração entre a lavoura e a pecuária.

Segundo Macedo (2009), a integração lavoura-pecuária constitui-se de sistemas produtivos de grãos, fibras, carne, leite, lã, e outros, realizados na mesma área, em plantio simultâneo, seqüencial ou rotacionado, onde se objetiva maximizar a utilização dos ciclos biológicos das plantas, animais, e seus respectivos resíduos; aproveitar efeitos residuais de corretivos e fertilizantes, minimizar e otimizar a utilização de agroquímicos; aumentar a eficiência no uso de máquinas, equipamentos e mão-de-obra, gerar emprego e renda; melhorar as condições sociais no meio agrícola e diminuir impactos ao meio ambiente, visando à sustentabilidade.

Os inúmeros e incontáveis benefícios da integração lavoura-pecuária podem ser sintetizados como: agronômicos, por meio da recuperação e manutenção das características produtivas do solo; econômicos, por meio da diversificação de oferta e obtenção de maiores rendimentos a menor custo e com qualidade superior; ecológicos, por meio da redução da biota nociva às espécies

cultivadas e conseqüente redução da necessidade de defensivos agrícolas, bem como redução da erosão; e sociais, por meio da distribuição mais uniforme da renda, já que as atividades pecuárias e lavoureira concentram e distribuem renda. Deve-se considerar também a maior geração de tributos, de empregos diretos e indiretos, além de fixação do homem ao campo, visto que, na zona rural, a geração de um novo posto de trabalho tem um custo significativamente menor quando comparado aos mesmos custos na zona urbana (Kluthcouski et al., 2003).

### **2.3.1 Efeito da pecuária nos solos agrícolas**

Existem diversos fatores que ocasionam um crescimento deficiente do sistema radicular de plantas cultivadas, podendo ser citados danos causados por insetos e moléstias, deficiências nutricionais, acidez do solo, drenagem insuficiente, baixa taxa de oxigênio, temperatura imprópria do solo, compactação do solo e dilaceramento radicular. Dentre essas limitações, a compactação assume relevância, pois ao causar restrição ao crescimento e desenvolvimento radiculares, acarreta uma série de problemas que afetam direta e indiretamente a produção das plantas (Camargo & Alleoni, 2006).

Conforme Suzuki et al. (2007), o aumento do grau de compactação leva à redução linear da macroporosidade e da condutividade hidráulica de solo saturado e ao aumento da resistência do solo à penetração. De acordo com Reinert et al. (2008), as plantas de cobertura, assim como o milho, apresentam bom desenvolvimento do sistema radicular em solos sem restrição, já em solos com densidades elevadas, o crescimento é consideravelmente menor, podendo-se observar alterações morfológicas como o engrossamento das raízes, desvios no crescimento vertical e a concentração na camada mais superficial do solo. Uma camada compactada, com resistência à penetração de 1,4 MPa, impede que

o sistema radicular do milho atravessasse essa camada e se desenvolva em profundidade (Foloni et al., 2003).

Estudando os atributos físicos de um Latossolo Vermelho distrófico típico, em Passo Fundo, RS, dez anos após o estabelecimento de cinco sistemas de produção, integrando culturas produtoras de grãos, pastagens de inverno e forrageiras perenes, Spera et al. (2009) concluíram que ocorreram aumentos da densidade do solo e da microporosidade e redução da porosidade total e da macroporosidade do solo. Nos distintos sistemas de produção de grãos integrados com pastagens, não foram atingidos níveis capazes de promover degradação do solo. Já os sistemas com pastagens perenes apresentaram menor densidade do solo e maior porosidade total e macroporosidade na camada 0-2 cm, em relação aos sistemas de produção de grãos ou produção de grãos com pastagens anuais. Esses autores também destacam que o uso intenso do solo em sistemas de produção dirigidos para alta produção promove elevada retirada de nutrientes e/ou decomposição de palha. Os nutrientes podem ser repostos mediante adubações, enquanto a palha, que é a principal fonte de matéria orgânica, componente responsável pela estruturação física do solo, não tem sido adequadamente reposta nesses sistemas.

Observando duas frequências de pastejo, uma a cada 14 dias e outra a cada 28 dias, Lanzaova et al. (2007) verificaram que a resistência mecânica do solo à penetração atingiu valores de 2,61 e 2,49 MPa, respectivamente, enquanto as áreas que não foram pastejadas mantiveram valores inferiores a 1,66 MPa. Os mesmos autores destacam que os sistemas de pastejo avaliados (sem pastejo, pastejo a cada 28 dias e pastejo a cada 14 dias) não influenciaram a taxa de infiltração de água no solo após a cultura de milho, devido ao elevado aporte e manutenção de resíduos culturais na superfície do solo. No entanto, em se tratando da cultura da soja, foi possível observar reduções na taxa de infiltração de água.

Ao trafegar com uma pá-carregadora sobre um solo com umidade gravimétrica de 13% com a máquina de peso igual a 10 Mg, equipada com pneus radiais com pressão interna de 0,35 MPa, exercendo uma pressão no solo de aproximadamente 0,11 Mpa, Streck et al. (2004) observaram os seguintes parâmetros: aumento na densidade e na resistência do solo à penetração; redução na porosidade total e na macroporosidade e valores constantes se tratando da microporosidade. A resistência à penetração foi a propriedade física que melhor evidenciou o efeito do número de tráfego do rodado da máquina sobre o solo alcançando valores em torno de 2,4MPa.

Albuquerque et al. (2001) estudaram os efeitos do pisoteio bovino sobre o sistema de semeadura direta. Estes autores observaram que as modificações nas propriedades físicas do solo afetaram o crescimento e a produtividade da cultura do milho.

### **2.3.2 Sistemas de integração lavoura-pecuária**

#### **2.3.2.1 Sistema Santa Fé**

De acordo com Kluthcouski et al. (2000), o Sistema Santa Fé - Tecnologia Embrapa - fundamenta-se na produção consorciada de culturas de grãos, especialmente milho, sorgo, milheto e soja com forrageiras tropicais, em particular as do gênero *Brachiaria*, tanto no sistema de plantio direto como no convencional, em áreas de lavoura, com solo devidamente corrigido. Nestes, as culturas anuais apresentam grande performance de desenvolvimento inicial, exercendo com isto alta competição sobre as forrageiras, evitando, assim, redução significativa nas suas capacidades produtivas de grãos. Este sistema apresenta grande vantagem, pois não altera o cronograma de atividades do produtor e não exige equipamentos especiais para sua implantação. O consórcio é estabelecido anualmente, podendo ser implantado simultaneamente ao plantio da cultura anual ou cerca de 10 a 20 dias após a emergência desta.

### **2.3.2.2 Sistema Barreirão**

De acordo com Oliveira et al. (1996), o sistema Barreirão consiste em seis etapas apresentadas a seguir:

A primeira etapa diz respeito ao conhecimento do solo, através de sua análise. Para isso, devem ser coletadas amostras de terra de maneira convencional, porém a duas profundidades: de 0 a 200 mm e de 200 a 400 mm. Essa operação deve ser realizada, preferencialmente, nos meses de julho e setembro, antes de qualquer revolvimento de solo. Com base nos resultados da análise, deve-se proceder à calagem e/ou à fosfatagem, quando necessários.

A segunda etapa do Sistema Barreirão é o preparo do solo. A pastagem degradada deve ser desenraizada e incorporada superficialmente, com uma passagem de grade aradora na profundidade de 100 a 150 mm. Esta operação deve ser feita, pelo menos, cerca de 30 dias antes do início do período chuvoso e da aração. A aração profunda deve ser feita preferencialmente com arado de aiveca, a partir do momento em que o solo contenha umidade até a profundidade a ser trabalhada. O nivelamento/destorroamento deve ser feito de 7 a 10 dias após a aração e imediatamente antes do plantio.

A terceira etapa do sistema Barreirão é o plantio, cujo sucesso começa com a utilização de sementes de qualidade, tanto das culturas anuais como das forrageiras. O espaçamento e a densidade de semeadura do milho, sorgo e milheto seguem as recomendações convencionais.

Uma vez implantando o consórcio, a quarta etapa diz respeito à condução da lavoura. De acordo com os autores, o controle das invasoras não tem sido necessário, em se tratando de áreas com pastagem degradada. Nessa etapa, também são realizadas as adubações à base de nitrogênio e em solos arenosos, com a cultura do arroz, é feita uma cobertura potássica, geralmente na

dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, antes da cobertura nitrogenada. Os tratos fitossanitários, são realizados de acordo com as recomendações convencionais.

A quinta etapa é a colheita. No caso do arroz de sequeiro, quando a cultura se encontra no ponto ideal de colheita, esta operação não deve sofrer atraso, sob pena de acamamento e/ou perdas devido ao aumento da massa da forrageira, cujo desenvolvimento é acelerado após a maturação das culturas anuais.

A sexta e última etapa é a vedação da área, por um período mínimo de 30 a 60 dias, após a colheita. Esta providência é necessária para melhor formação da pastagem e/ou produção de novas sementes da forrageira, ceifadas na colheita, como no caso do arroz de sequeiro. Daí em diante, inicia-se o pastejo, considerando-se sempre que o manejo da pastagem e a suplementação da adubação são responsáveis pela melhor produção da forrageira e pela maior longevidade da pastagem.

## **2.4 Cultura do milho**

De acordo com Alvarenga et al. (2010), a cultura do milho (*Zea mays*) se destaca no contexto da integração lavoura-pecuária devido às inúmeras aplicações que esse cereal tem dentro da propriedade agrícola, quer seja na alimentação animal -- em grãos, sob a forma de forragem verde ou conservada (rolão, silagem) --, na alimentação humana, ou na geração de receita mediante a comercialização da produção excedente. Outro ponto importante são as vantagens comparativas do milho em relação a outros cereais ou fibras no que diz respeito ao seu consórcio com forrageiras. Uma das vantagens é a competitividade no consórcio, visto que, depois de estabelecidas, o porte alto das plantas de milho exerce grande pressão de supressão sobre as demais espécies que crescem no mesmo local.

A altura de inserção da espiga permite que a colheita mecanizada seja realizada sem maiores problemas, pois a regulação mais alta da plataforma diminui os riscos de embuchamento. Somando-se isso à disponibilidade de herbicidas gramínicos pós-emergentes, seletivos ao milho, é possível obter-se resultados excelentes com o consórcio milho e forrageira, como por exemplo, no sistema Santa Fé. A cultura do milho possibilita, ainda, trabalhar com diferentes espaçamentos. Atualmente a tendência é a de reduzir o espaçamento entre as fileiras do milho. Isso melhora a utilização de luz, água e nutrientes e aumenta a capacidade de competição das plantas de milho. No consórcio com forrageiras, a redução de espaçamento tem também a vantagem de formar um pasto mais bem estabelecido (fechado), quando as sementes da forrageira são depositadas somente na linha de plantio do milho.

#### **2.4.1 Dessecação**

Segundo Amarante Junior et al. (2001), o Glifosato apresenta elevada eficiência na eliminação de plantas daninhas. Ao estudarem os volumes de calda aplicados, Jakelaitis et al. (2005) verificaram que os resultados da dessecação são semelhantes quando se utiliza 100 ou 200 litros de calda por hectare. No mesmo estudo, também observaram que a dosagem de 360 g de ingrediente ativo de glifosato por hectare não foi suficiente para o controle da *brachiaria decumbens*. Já a dosagem de 720 g de ingrediente ativo por hectare de glifosato manifestou ação satisfatória.

#### **2.4.2 Controle de plantas daninhas na cultura do milho**

De acordo com Embrapa (2009), os herbicidas do grupo químico das triazinas (ametryne, atrazine, cyanazine e simazine) são utilizados na cultura do milho, sobretudo para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas. Em plantas sensíveis a esses herbicidas, há a germinação das sementes. Porém, quando as

plântulas emergem do solo e recebem luz, são desencadeadas reações que afetam a fotossíntese, levando à morte da plântula. Com a finalidade de ampliação do espectro de controle, herbicidas do grupo das triazinas têm sido associados a herbicidas como s-metolachlor, alachlor, simazine, dentre outros. Esses produtos proporcionam controle eficiente da maioria das espécies infestantes e apresentam seletividade para o milho. Triazinas também são empregadas em pós-emergência precoce, destacando-se atrazine, que proporciona bons níveis de controle de plantas daninhas dicotiledôneas.

No sistema de semeadura direta, ocorre maior acúmulo de palha na superfície do solo, podendo afetar o comportamento de herbicidas aplicados sobre a palha em pré-emergência, ficando estes produtos mais expostos à radiação solar, às altas temperaturas e à adsorção nos resíduos vegetais. Alguns produtos - como atrazine - possuem boas perspectivas de uso em pré-emergência sobre palhadas, uma vez que são facilmente lixiviados para o solo com chuvas que ocorram logo após a aplicação. Outros produtos pertencentes ao grupo das amidas possuem problemas de retenção na palha, quando utilizados em pré-emergência em plantio direto (Embrapa, 2009).

#### **2.4.3 Adubação de cobertura**

Segundo Sá (1996), o tempo de adoção do sistema de semeadura direta influencia na resposta do milho à adubação nitrogenada. Na fase de implantação do sistema, observa-se maior necessidade de utilização do Nitrogênio. Isso se deve ao processo de imobilização em função da maior oferta de carbono ao sistema e, conseqüentemente, da maior atividade da biomassa microbiana. Após o quarto ano de implantação, inicia-se o restabelecimento do equilíbrio das transformações que ocorrem no solo, à medida em que a reposição dos resíduos culturais proporciona acúmulo de Nitrogênio orgânico na camada superficial.

Após 9 a 12 anos de semeadura direta, observa-se maior liberação de Nitrogênio para o sistema, havendo menor resposta à adubação nitrogenada.

Destaca-se, que as plantas de milho cultivadas em sucessão a gramíneas absorvem menos Nitrogênio em relação às que se desenvolvem em sucessão a leguminosas, resultando em menor rendimento de grãos (Argenta, 1998; Da Ros & Aita, 1996; Teixeira et al., 1994; Aita et al., 1994; Tian et al., 1993). Isso pode ser atribuído, principalmente, à alta relação C/N (Carbono Nitrogênio) dos restos culturais das gramíneas. Nessas condições, os microrganismos que os decompõem, utilizam grande parte do Nitrogênio mineral presente no sistema, diminuindo a sua disponibilidade para a cultura (Victoria et al., 1992).

Em função da grande mobilidade do Nitrogênio no solo, possibilitando perdas por lixiviação, é regra geral parcelar a adubação nitrogenada, aplicando uma pequena dose no plantio e a quase totalidade do N em duas coberturas, aos 30 e aos 45 dias, após a emergência das plantas (Yamada, 1996). De outra forma, Sousa et al. (2001) verificaram que a aplicação do Nitrogênio em dose única na semeadura apresentou resultados semelhantes estatisticamente àqueles quando o Nitrogênio foi parcelado ou aplicado em cobertura em diferentes épocas.

#### **2.4.4 Colheita e Armazenagem**

Segundo a Embrapa (2010), a colheita realizada logo após a fase da maturação fisiológica propicia o mais alto rendimento de grãos, Entretanto, não é recomendável colher nessa fase, pois os grãos ainda estão com alto teor de umidade (32%), requerendo a secagem complementar por métodos artificiais, com excessivo consumo de energia e com possibilidade de comprometer a qualidade dos grãos, provocando quebras e trincas, tornando-os mais vulneráveis ao ataque por insetos. A temperatura do ar de secagem não pode exceder a 44 °C no caso de sementes, 55 °C para grãos que se destinam à indústria de moagem e

82 °C para os destinados à fabricação de ração, sob pena de comprometer a qualidade.

De acordo com Embrapa (2010), quando o produtor não dispõe de infraestrutura de secagem artificial, normalmente tem que esperar o milho secar naturalmente no campo. Esse tempo de permanência do milho no campo por período prolongado, ou o atraso na colheita, varia de região para região, dependendo das condições climáticas, como umidade do ar, temperatura e insolação, além da disponibilidade de maquinário. Outros fatores como insetos (gorgulhos e traças), pássaros, chuva e ventos contribuem para aumentar as perdas pelo atraso na colheita. A ocorrência de chuva na pré-colheita, com a conseqüente penetração de água na espiga, é a principal causa de perdas. Entretanto, nas cultivares em que predominam espigas decumbentes (espigas que viram a ponta para baixo, logo após a maturação fisiológica), as perdas por penetração de água de chuva são minimizadas.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Características e histórico da área experimental**

A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal de Lavras - UFLA - situada no município de Lavras, MG, na área experimental do Departamento de Zootecnia. A localização geográfica da área experimental foi definida entre as coordenadas 21<sup>o</sup>13'50'' latitude sul e 44<sup>o</sup>57'52'' longitude oeste a uma altitude de 943 metros. Nessa região, segundo a Estação Meteorológica da Universidade Federal de Lavras, o clima se caracteriza por temperatura média anual de 19,4 °C e precipitação total anual média de 1530 mm concentrada, principalmente, no período de outubro a março (clima classificado como Cwa.).

##### **3.1.1 Histórico da área experimental**

Inicialmente, a área experimental foi explorada por 6 anos com o cultivo convencional de milho. Após esse período de exploração, implantou-se uma área de pastagem de Brachiária Decumbens, que permaneceu por mais 8 anos com lotação média de 2 Unidades Animais por hectare. Sendo assim, o experimento deste estudo foi implantado após 14 anos de exploração do solo, onde inicialmente se realizou uma dessecação, para a posterior semeadura direta do milho.

##### **3.1.2 Solo**

De acordo com o Departamento de Ciência de Solos da UFLA, o solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico argiloso (LVdf), cujo resultados da análise granulométrica na camada de 0-300 mm apresentaram os valores médios de 0,16, 0,18 e 0,66 kg kg<sup>-1</sup> para areia, silte e argila, respectivamente, sendo classificado como de textura muito argilosa.

O teor de água do solo foi obtido por meio de amostras de cada unidade experimental, na camada de 0 a 300 mm, as quais permaneceram em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 105 °C, por um período de 24 horas (Figura 1A).

Para a mensuração da resistência à penetração (Figura 1B), foi utilizado um penetrômetro eletrônico, realizando uma medida por unidade experimental a fim de caracterizar o solo do experimento. Os dados relativos às 12 medidas apresentaram desvio padrão de 14,7%.



FIGURA 1A Amostras de solo para determinar a umidade



FIGURA 1B Ensaio da resistência à penetração do solo

### 3.2 Tratamentos e parcelas experimentais

De acordo com os tratamentos, as hastes sulcadoras trabalharam nas seguintes profundidades: Tratamento 1 – Haste sulcadora na profundidade de 100 mm; Tratamento 2 - Haste sulcadora na profundidade de 150 mm; Tratamento 3 - Haste sulcadora na profundidade de 200 mm; Tratamento 4 - Haste sulcadora na profundidade de 250 mm.

O ensaio foi instalado numa área de aproximadamente 5000 m<sup>2</sup>, onde foram demarcadas 12 parcelas subdivididas em três blocos, caracterizando um delineamento experimental de blocos casualizados.

As parcelas tiveram um comprimento de 10 metros por 6,3 metros de largura, sendo que a semeadura foi realizada em dois sentidos, visto que se semeou 8 linhas espaçadas 700 mm (Figura 2). Assim, proporcionou-se maior número de dados, em que buscou-se a uniformidade dos dados em ambos os sentidos de semeadura, garantindo maior confiabilidade nos resultados obtidos.

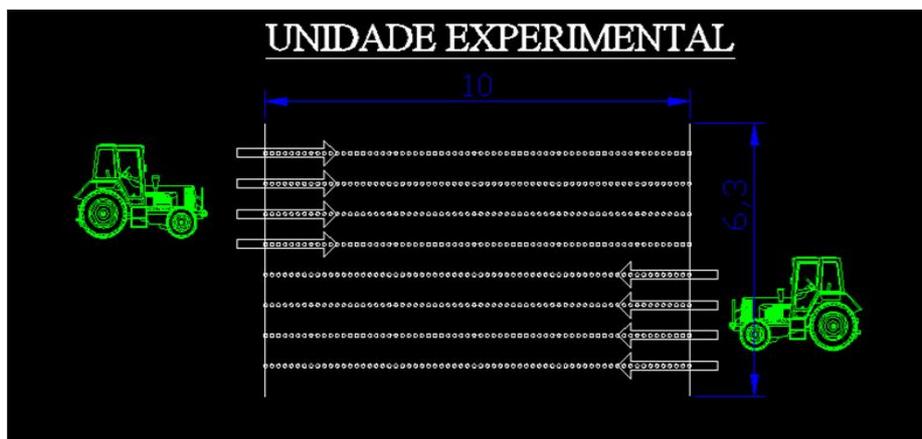


FIGURA 2 Representação da semeadura na unidade experimental

### 3.3 Máquinas e implementos

#### 3.3.1 Trator

Como fonte de tração, utilizou-se um trator Valtra BL 88 4X2, com tração dianteira auxiliar (TDA), portando um motor modelo VALTRA 420DSR, turbo aspirado com 4 cilindros, resultando numa cilindrada de 4400 cm<sup>3</sup>. O sistema de injeção de combustível se deu através de uma bomba rotativa com injeção direta. Esse motor apresenta uma potência máxima de 88 cv a 2300 rotações por minuto (ISO/NBR 1585).

No trator, foram utilizados pneus traseiros 18.4-30R1 e dianteiros 12.4-24R1, com pressão de inflação de 138 kPa (20 psi) e 125 (18 psi) kPa respectivamente. Para lastragem, utilizou-se três massas metálicas de 65 kgf cada roda traseira e 6 pesos de 35 kgf na parte dianteira do trator. Nas rodas traseiras, utilizou-se água, que ocupou 75 % do volume interno, sendo o restante completado com ar. Para a melhor caracterização do trator, realizou-se uma pesagem, que resultou em 43,64 kN (4450 kgf) distribuídos 62% no eixo traseiro e 38% no eixo dianteiro.

Destaca-se que o trator utilizado para o desenvolvimento dos ensaios era novo (Figura 3), apresentando apenas 4 horas no horímetro, sendo que a semeadura foi realizada em segunda marcha reduzida, com 2000 rotações por minuto do motor, desenvolvendo uma velocidade, sem carga, de  $1,17 \text{ m s}^{-1}$ .



FIGURA 3 Trator agrícola utilizado no ensaio

### 3.3.2 Semeadora-Adubadora

Na semeadura do milho, foi utilizada uma semeadora-adubadora de precisão, marca John Deere, modelo RT907 VacuMeter (Figura 4), com mecanismo dosador de sementes do tipo pneumático a vácuo e para a

distribuição do fertilizante mecanismo de rosca sem fim. Buscando maior representatividade no processo de semeadura, foram realizados os testes com os reservatórios, tanto de sementes, como de fertilizantes, com 50% de sua capacidade máxima.



FIGURA 4 Semeadora-Adubadora utilizada no experimento

Os quatro módulos da semeadora, espaçados a 700 mm, estavam equipados com sulcador tipo disco corta-palha, trabalhando a uma profundidade de 50 mm no solo.

Para a incorporação da semente, a semeadora-adubadora estava dotada de disco duplo defasado, com rodas reguladoras de profundidade nas suas laterais. As regulagens, tanto da distribuição do adubo, quanto da distribuição de sementes foram realizadas conforme as recomendações das relações de engrenagens propostas pelo fabricante. Foram realizadas, ainda, aferições em campo, verificando a uniformidade de distribuição das sementes e do fertilizante.

As alterações nas profundidades de trabalho da haste sulcadora foram possíveis devido à regulagem de furos existente no acoplamento da haste na semeadora (Figura 5A) e a alterações na pressão da mola (Figura 5B).



FIGURA 5A Acoplamento da haste Sulcadora

FIGURA 5B Regulagem de pressão da mola

Na regulagem da semeadora-adubadora, o nivelamento tanto longitudinal, quanto transversal também foi considerado. Para o nivelamento transversal, foi realizada a calibração dos pneus e para o nivelamento longitudinal, as regulagens existentes no cabeçalho da semeadora-adubadora foram ajustadas.

### 3.3.3 Pulverizador

Nas pulverizações, foi utilizado um pulverizador tratorizado com reservatório de 400 litros. Por se tratar de um pulverizador em utilização, foram tomadas algumas precauções antes da aplicação, tais como: limpeza do filtro de sucção, vistorias nas mangueiras para verificar se não estavam dobradas e/ou furadas (vazamentos), lubrificação da bomba e análise dos bicos, eliminando

aqueles que apresentaram diferença na vazão superior a 10 % quando comparados a um novo bico novo do mesmo modelo.

Para a calibração foi demarcado, ao lado da área experimental, um trajeto com 50 metros, onde o trator percorreu em primeira marcha três vezes em que se registrou um tempo médio. Esse tempo foi o utilizado, com o trator parado, para coletar a água dos bicos com um copo graduado para se realizar a calibração do pulverizador, buscando um volume de calda de 200 litros por hectare conforme orientação do fabricante dos produtos aplicados.

### **3.4 Métodos**

#### **3.4.1 Patinagem**

Para o cálculo da percentagem de patinagem, foi tomado o tempo necessário para que o trator percorresse o trajeto da parcela com e sem a semeadora acoplada para a, realização dessa operação. Os cálculos dos índices de patinagem foram realizados de acordo com a Equação 3 e expressos em %.

$$P\% = \left( \frac{t_0 - t_1}{t_0} \right) \times 100 \quad (3)$$

em que:

$P\%$  = índice de patinagem;

$t_0$  = tempo sem carregamento;

$t_1$  = tempo com carregamento.

#### **3.4.2 Força de Tração**

A quantificação da força na barra de tração foi obtida com o auxílio de uma célula de carga marca Kyowa, modelo LOAD CELL, série n. CA 3125. Devido ao fato de a célula apresentar resposta em mV quando uma força era aplicada, foi necessário calibrá-la em uma máquina de ensaio universal (Figura

6). Assim, foi possível a elaboração de uma equação (Equação 4) para transformar os dados obtidos em mV para kN (Figura 7). A célula de carga foi interligada a um sistema de aquisição de dados (Data Collector), que recebeu os sinais em mV e armazenou em disquetes para posterior transmissão de dados para um computador .



FIGURA 6 Calibração da célula de carga na máquina de ensaio universal

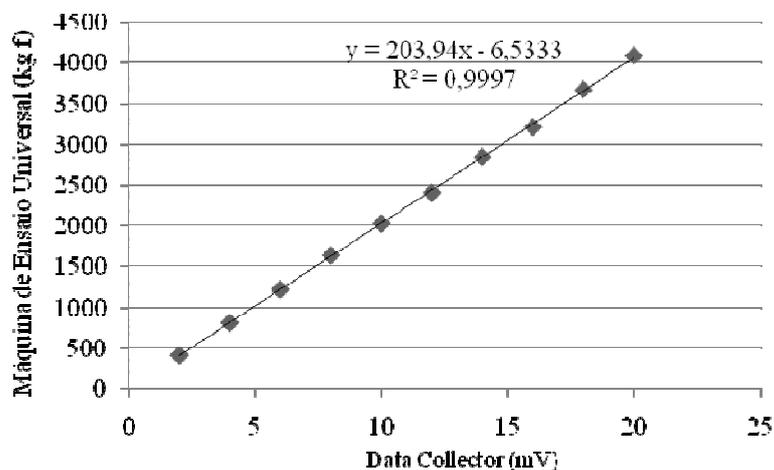


FIGURA 7 Curva de calibração da célula de carga

$$y = 203,9x - 6,533 \quad (4)$$

em que:

y = Força em kgf;

x = valores em mV obtidos no Data Collector.

### 3.4.3 Consumo de Combustível

Para a análise do consumo de combustível do trator, foi instalado um fluxômetro eletromecânico (Figura 8A) de forma a contabilizar apenas o diesel consumido, dispensando o retorno. O fluxômetro foi conectado a um processador de fluxo líquido (Figura 8B), que expressa o consumo em tempo real num display digital.



FIGURA 8A Fluxômetro eletromecânico



FIGURA 8B Processador de fluxo

A armazenagem dos dados fornecidos pelo display digital foi feito através da filmagem do visor, posteriormente sendo necessária a transferência manual dos dados para uma planilha eletrônica.

### 3.4.4 Consumo Específico de Combustível

Segundo Volpato et al. (2009), o óleo diesel obtido na rede local de abastecimento automotivo do município de Lavras-MG, apresenta densidade específica de  $0,859 \text{ g L}^{-1}$ . O cálculo do consumo específico de combustível por unidade de potência na barra de tração foi realizado conforme a Equação 5 e expresso em  $\text{g kW h}^{-1}$

$$C_{ec} = \frac{Ch \times \delta}{P_b} \quad (5)$$

em que:

$C_{ec}$  = consumo específico em  $\text{g kW h}^{-1}$ ;

$Ch$  = consumo horário com base em volume em  $\text{L h}^{-1}$ ;

$\delta$  = densidade do combustível em  $\text{g L}^{-1}$  ( $0,859 \text{ g L}^{-1}$ );

$P_b$  = potência na barra de tração em kW.

### 3.4.5 Capacidade de campo teórica

A capacidade de campo teórica média foi determinada em função das diferentes profundidades de trabalho da haste sulcadora e pela largura da faixa trabalhada, conforme a Equação 6.

$$Cct = \frac{V \times L}{10} \quad (6)$$

em que:

Cct = capacidade de campo teórica, em ha.h<sup>-1</sup>;

V = velocidade de deslocamento do conjunto, em km.h<sup>-1</sup>;

L = largura da faixa trabalhada pelo conjunto em metro.

### 3.5 Instalação e condução do ensaio

O híbrido utilizado na semeadura foi o DKB 747, produzido pela empresa Dekalb. Esse híbrido apresenta ciclo precoce e é destinado para a produção grãos e para a produção de silagem de planta inteira. Considerando a altitude da área experimental, a indicação de plantio é de normal a tardio, com um estande final de plantas variando de 45000 a 55000 plantas por hectare.

A semeadura foi realizada no dia 04 de dezembro de 2008, com expectativa de um estande final de 55000 plantas por hectare. Para isso, após a emergência da cultura, foi realizada a contagem de plantas em todas as parcelas, seguida de desbaste para que o estande inicial fosse idêntico em todas as unidades experimentais.

Destaca-se, que o objetivo do experimento não foi atingir picos de produtividade, mas sim a produção sob diferentes condições de trabalho da haste sulcadora no momento da semeadura. E também que, a implantação da cultura ocorreu numa área em condições adversas, relativamente à compactação do solo e à adubação. Por isso, os dados resultantes não comprometem a qualidade produtiva do híbrido DKB 747 produzido pela empresa Dekalb.

### 3.5.1 Adubação

Na semeadura, utilizou-se adubação de acordo com a análise química de solo apresentada na Figura 9, para uma expectativa de colheita de 4000 a 6000 kg de grãos de milho por hectare. Os dados referentes às dosagens de fertilizantes foram interpretados de acordo com Ribeiro et al. (1999).

Para a adubação utilizou-se 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula comercial 08-28-16. Em relação à calagem, a indicação foi de 1900 kg de calcário por hectare (PRNT 100%).

A adubação nitrogenada foi fracionada, sendo distribuídos 24 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio na semeadura e 60 kg ha<sup>-1</sup> na adubação de cobertura, aos 35 dias após a emergência.

Ref. Lab.	Referência do Cliente		pH	P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	
	H <sub>2</sub> O		mg/dm <sup>3</sup>			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>					
1322	AMOSTRA 01		6,1	-	2,0	37	-	3,1	0,5	0,1	5,0

Ref. Lab.	SB	(t)	(T)	V	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			%		dag/kg	mg/L	mg/dm <sup>3</sup>						
1322	3,7	3,8	8,7	42,5	3	-	2,2	15,6	-	-	-	-	-	-

FIGURA 9 Análise química do solo

### 3.5.2 Regulagem da Distribuição de Sementes e de Fertilizantes

De acordo com as recomendações do híbrido utilizado, objetivou-se um estande final de 55000 plantas por hectare. Para isso, foram considerados índices de 80% para a germinação, 98% de pureza e de 10% para o deslizamento da roda motriz da semeadora-adubadora. Diante desses dados, os cálculos foram realizados de acordo com as Equações 7 e 8.

$$\text{Número de plantas} \cdot \text{m}^{-1} = \frac{\text{Es tan de} \times \text{Espaçamento} \cdot \text{entre} \cdot \text{linhas}}{10000} \quad (7)$$

$$\text{Número de plantas} \cdot \text{m}^{-1} = \frac{55000 \times 0,70}{10000} = 3,85$$

$$N \cdot \text{Sem} \cdot \text{m}^{-1} = \frac{N^{\circ} \text{plantas} \cdot \text{m}^{-1}}{G \times P \times DM \times D} \quad (8)$$

Em que:

G = Germinação;

P = Pureza;

DM = Dano mecânico (devido ao sistema pneumático da semeadora esse parâmetro é desconsiderado);

D = Deslizamento da roda motriz da semeadora;

$$N \cdot \text{Sem} \cdot \text{m}^{-1} = \frac{3,85}{0,80 \times 0,98 \times 0,90} = 5,45$$

Dessa forma, a semeadora-adubadora foi regulada para distribuição de 5,45 sementes por metro linear. De acordo com o manual de operação, utilizou-se a combinação entre as engrenagens motora com 14 dentes e movida com 22 dentes.

Para a distribuição do fertilizante, também foi consideradas as recomendações do fabricante da semeadora, sendo utilizada a relação de engrenagens 30-22 para motora e movida, respectivamente, que proporcionou a distribuição de 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula comercial

Além das recomendações do manual de operação da semeadora-adubadora, foram realizados testes em campo, onde foi realizada a contagem das sementes e a pesagem do adubo nos módulos de semeadura. Tais dados apurados em campo foram condizentes com os apresentados no manual de operação.

### 3.5.3 Controle de plantas daninhas

Para o controle de plantas concorrentes, inicialmente foi aplicado a dose de 1920 g ha<sup>-1</sup> de Glyphosate para se realizar a dessecação da área que, após cinco dias da aplicação, encontrava-se conforme mostra a Figura 10.



FIGURA 10 Área experimental cinco dias após dessecação

Posteriormente à sementeira, realizou-se a aplicação de 1750 g por hectare de Simazina e 1750 g por hectare de Atrazina. Ambos os produtos foram aplicados logo após a sementeira do milho. Tais produtos caracterizam-se como produtos de ação pré-emergente e pós-emergente inicial, indicados para o controle das plantas concorrentes como gramíneas e folhas largas.

### 3.5.4 Colheita do milho

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, Brasil (2009), através da Instrução Normativa 33, Publicada no Diário Oficial da União de 28/08/2007, considera que a umidade para o armazenamento de grãos de milho seja menor ou igual a 13%, contendo no máximo 2% de impurezas. Com

isso, existe a necessidade da utilização de secadores quando a colheita for realizada com o teor de umidade dos grãos superior ao ideal para a armazenagem.

A primeira análise realizada após a amostragem e homogeneização foi a determinação do teor de impurezas, usado para o cálculo do desconto de peso do produto, conforme a Equação 9.

$$D_i = P_i \times \left( \frac{T_i}{100} \right) \quad (9)$$

Em que:

$D_i$ = desconto de impurezas, kg;

$P_i$ = massa do produto, kg;

$T_i$ = teor de impureza do produto, %.

De acordo com a Instrução Normativa 33 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a determinação da umidade da massa de grãos deve ser realizada com a isenção de impurezas, sendo que o cálculo utilizado para a estimativa da quantidade de água removida foi de acordo com a Equação 10.

$$D_u = (P_i - D_i) \times \frac{(U_i - U_f)}{(100 - U_f)} \quad (10)$$

Em que,

$D_u$ = Quantidade de água removida na secagem, kg;

$D_i$ = Quantidade de impureza removida, kg;

$U_i$ = Teor de água inicial, % base úmida;

$U_f$ = Teor de água final, % base úmida.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Resistência à penetração

Na Figura 11, observa-se que os dados relativos à compactação caracterizaram um solo sob pastejo animal, sendo que os maiores picos da resistência à penetração ocorreram nas camadas até 150 mm de profundidade.

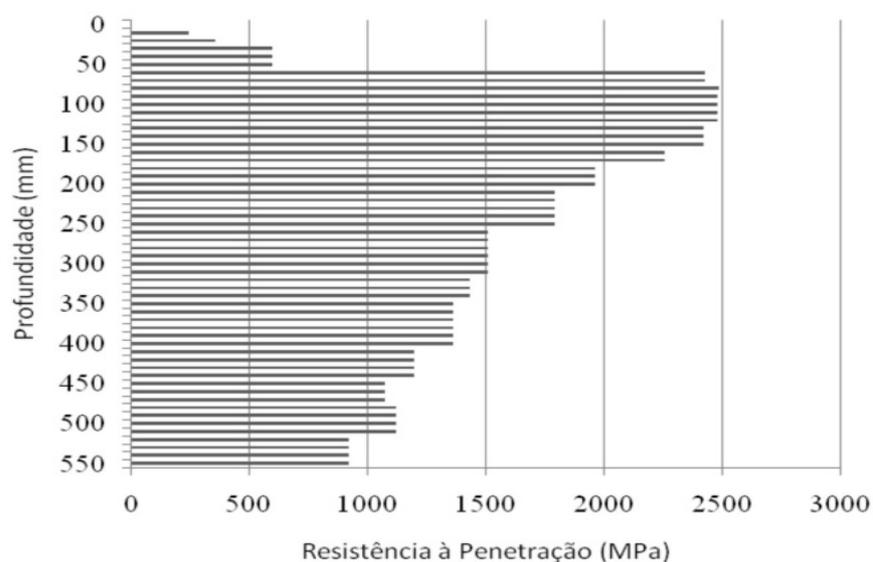


FIGURA 11 Representação gráfica da resistência média à penetração do solo

Os resultados da resistência à penetração do solo foram semelhantes aos citados por Conte et al. (2007) e por Lanzasova (2007) que verificaram efeitos do pisoteio bovino até as profundidades de 150 a 200 mm.

De acordo com Foloni et al. (2003), a resistência à penetração do solo prejudica o desenvolvimento em profundidade do sistema radicular do milho quando ultrapassar 1,4 MPa. Assim, destaca-se que a haste sulcadora trabalhou

na profundidade de 250 mm, rompendo a camada mais compactada que oferecesse limitação no desenvolvimento do sistema radicular da cultura do milho.

O solo da área experimental apresentou umidade gravimétrica média, no momento da semeadura, de 0,368 kg kg<sup>-1</sup> com desvio padrão de 2,50 % entre as amostras coletadas em cada unidade experimental. Ao observarem a umidade gravimétrica na realização da semeadura direta de milho, em duas camadas de 200 a 300 mm e 300 a 400 mm de profundidade, Germino & Benez (2006) verificaram valores de umidade de 0,340 e 0,354 kg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Tais valores são próximos aos encontrados no presente trabalho.

#### **4.2 Biomassa do Solo**

A área experimental apresentou 6358 kg de matéria seca de *Brachiária Decumbens* por hectare, resultante da pesagem de amostras da parte aérea da pastagem presente após a retirada dos animais da área.

#### **4.3 Consumo de Combustível, Força de Tração e Índice de Patinação**

Analisando os dados da Tabela 1, verifica-se que o consumo horário de combustível foi menor quando a haste sulcadora trabalhou na profundidade de 100 mm. À medida em que a profundidade da haste aumentou -- como nas profundidades 150 e 200 mm que não diferiram entre si --, aumentou o consumo em 7,45 e 6,68 % respectivamente em relação à profundidade de 100 mm. Já na maior profundidade de trabalho, houve um acréscimo de 13,52 % quando comparado ao nível de profundidade de 200 mm. Destaca-se que o consumo do trator foi de 9,32 L h<sup>-1</sup>, sem a aplicação de nenhum tipo de carga a 2000 rotações por minuto.

TABELA 1 Consumo de Combustível ( $Lh^{-1}$ ), Força de Tração (kN) e a Patinagem (%) em relação às diferentes profundidades

Tratamentos	Consumo	Força de Tração	Patinagem
100 mm	10,750 c	19,195 d	10,415 d
150 mm	11,551 b	31,076 b	25,294 b
200 mm	11,468 b	29,573 c	19,812 c
250 mm	12,204 a	33,601 a	38,214 a
Média Geral	11,493	28,361	23,434
CV (%)	0,86	0,780	10,23

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A força de tração, conforme apresentado na Tabela 1, diferiu em todas as profundidades, sendo que a menor demanda de força foi observada na menor profundidade. Já a profundidade de 150 mm mostra um acréscimo na força de tração de 61,90 % em relação à profundidade de 100 mm. No entanto, quando a haste sulcadora trabalhou na profundidade de 200 mm, ocorreu um decréscimo na demanda de força de 4,84% em relação à profundidade de 150 mm. Isso pode ser explicado na Figura 13, em que se observa maior compactação até os 150 mm de profundidade, onde a ponteira da haste sulcadora encontra maior resistência de ruptura no solo. Embora com maior área de contato ferramenta-solo, a geometria da haste (ângulo de ataque) pode ter colaborado para essa menor demanda na força de tração à medida em que a haste trabalhou abaixo dessa camada mais compactada.

Trabalhando a 120 mm de profundidade, Espírito Santo (2007) verificou que a haste sulcadora apresentou uma tendência de aumentar a força horizontal conforme a evolução do seu desgaste, sendo que para um desgaste médio de 46%, a mesma apresentou um acréscimo de esforço horizontal em torno de 48,5%, a partir da ponteira no estado original.

Ao trabalhar em uma semeadora-adubadora de semeadura direta em diferentes níveis de compactação na camada de 0 a 100 mm, Veruschka et al. (2006) não obtiveram diferenças significativas na força de tração da haste

sulcadora quando esse mecanismo sulcador estava trabalhando ligeiramente abaixo, numa profundidade de 125 mm. Dessa forma, observa-se que quando a ponteira da haste sulcadora trabalha nas camadas mais compactadas, há maior demanda de força de tração do que quando esta trabalha ligeiramente abaixo dessa camada.

Na maior profundidade de trabalho da haste sulcadora (250 mm), obteve-se um aumento de 13,62% na demanda de força de tração em relação à profundidade de 200 mm. Na comparação entre as profundidades de 150 mm e 100 mm, destaca-se um aumento de 75,05% na demanda de força de tração.

Ao observar uma semeadora-adubadora marca IMASA, modelo Plantum 8 de arrasto, dotada de mecanismos sulcadores tipo haste para incorporação do adubo, trabalhando a 80 mm de profundidade e equipada com 4 módulos de semeadura, Silveira et al. (2005) verificaram que, a uma velocidade de 5,28 km h<sup>-1</sup>, a demanda na barra de tração foi de 16,75 kN. No presente trabalho, essa demanda foi de 19,195 kN, quando realizada a semeadura com as hastes trabalhando a uma profundidade de 100 mm. Destaca-se que, de um ensaio para outro, esse acréscimo na demanda de força de tração deve-se aos 20 mm relativos à diferença da profundidade de trabalho das hastes. Muitos outros fatores também podem influenciar a demanda de força na barra de tração como a diferença da umidade do solo, a configuração da haste sulcadora, o tipo de cobertura do solo, o grau de compactação do solo, o tipo de solo, a massa da semeadora-adubadora, a velocidade de deslocamento e a resistência ao rolamento.

A patinação das rodas motrizes do trator variou com as diferentes profundidades de atuação das hastes da semeadora, conforme pode ser verificado na Tabela 01. No Tratamento em que se utilizou a profundidade de 200 mm, pode-se observar uma diminuição do índice de patinação e força na barra de tração com relação à profundidade de 150 mm, o que é explicado pela

diminuição da compactação nesta camada. Porém, na condição em que a haste sulcadora atuou a 250 mm de profundidade, houve um novo acréscimo na patinagem, resultando num aumento da força na barra de tração e no consumo de combustível.

#### 4.4 Potência na Barra de Tração, Consumo Específico de Combustível e Capacidade de Campo Teórica

Na Tabela 2, observa-se que a potência na barra de tração não teve variações significativas nas profundidades de 150, 200 e 250 mm, sendo que a menor profundidade apresentou a menor demanda de potência na barra de tração. O consumo específico de combustível apresentou-se igual nas profundidades de 150 e 200 mm, tendo o maior consumo específico na menor profundidade, seguido pela maior profundidade de trabalho da haste sulcadora.

Com o aumento da profundidade de trabalho da haste, ocorreu um decréscimo na capacidade de campo teórica (Tabela 02), porém nas profundidades de 150 e 200 mm, a capacidade de campo teórica do conjunto trator semeadora-adubadora foi semelhante. Na maior profundidade de trabalho da haste sulcadora, obteve-se a menor capacidade de campo teórica.

TABELA 2 Potência na Barra de Tração (kW), Consumo Específico de Combustível ( $\text{g kW h}^{-1}$ ) e Capacidade de Campo Teórica ( $\text{ha h}^{-1}$ )

Tratamentos	Pot. na Barra de Tração	Cons. Espec. de Combustível	Cap. de Campo Teórica
100 mm	20,572 b	449 a	1.056 a
150 mm	29,352 a	338 c	0.881 b
200 mm	29,213 a	337 c	0.945 b
250 mm	28,780 a	364 b	0.728 c
Média Geral	26,979	0,372	0.903
CV (%)	1,864	2,002	3.131

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ao comparar os dados de força na barra de tração e o índice de patinagem, foi possível elaborar uma curva de tendência logarítma, conforme Figura 12. Observa-se que os maiores valores de força na barra de tração resultaram em altos índices de patinagem.

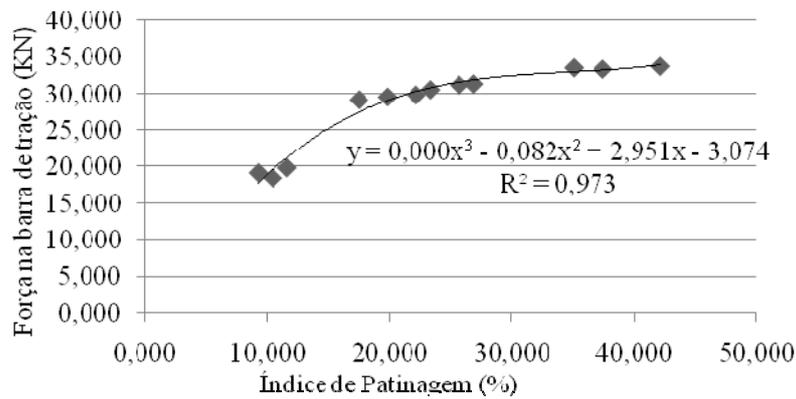


FIGURA 12 Linha de tendência logarítma entre o índice de patinagem e a força na barra de tração

Apresentada na Tabela 1, a patinagem teve comportamento proporcional à potência apresentada na Tabela 2. Com isso, foi possível a elaboração de uma curva da linha de tendência logarítma de acordo com Figura 13. Relacionando a potência com o índice de patinagem, Corrêa (1993) também observou que a potência na barra de tração tende a aumentar conforme a patinagem, até atingir um nível máximo de potência na barra, que posteriormente diminui com o aumento da patinagem.

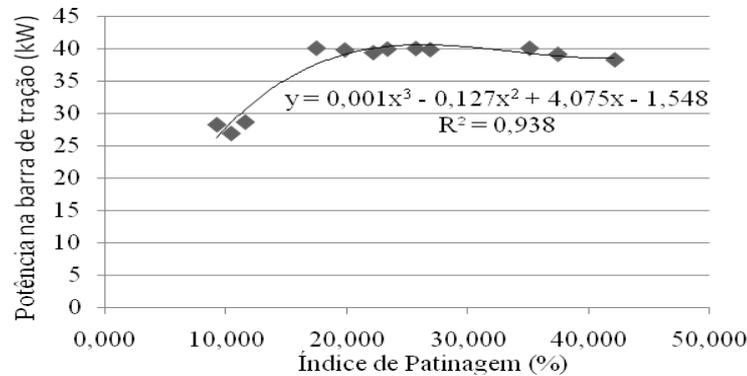


FIGURA 13 Linha de tendência logarítma entre o índice de patinagem e a potência na barra de tração

#### 4.5 Produtividade da cultura do milho

Em todos os tratamentos, o estabelecimento da cultura do milho enfrentou certa dificuldade nos estádios iniciais, conforme Figura 14A. Posteriormente, houve certa recuperação, principalmente nos tratamentos 3 e 4, como observado na Figura 14B que representa uma unidade experimental do tratamento, onde a haste sulcadora trabalhou a 200 mm de profundidade. Já a Figura 14C, representando o tratamento em que a haste trabalhou a 100 mm de profundidade, demonstra indícios das causas proporcionadas pela maior compactação. Além disso, a cultura do milho proporcionou maior quantidade de luz a brachiaria devido ao seu desenvolvimento mais lento.

Nas Figuras 14D e 14E, representantes do Tratamento 4, atingiu-se um bom desenvolvimento da parte aérea, que além de boa produção de grãos, demonstrou boa aptidão para a produção de massa verde para a fabricação de silagem de planta inteira.

A colheita dos grãos foi realizada após a maturação fisiológica da cultura do milho, quando os grãos atingiram umidade de 26%. É possível observar na Figura 14F que a *Brachiaria Decumbens* já está presente na área, semelhante ao sistema Santa Fé de integração lavoura pecuária.



FIGURA 14A Estádio de desenvolvimento V3



FIGURA 14B Estádio de desenvolvimento V10



FIGURA 14C Efeito da compactação

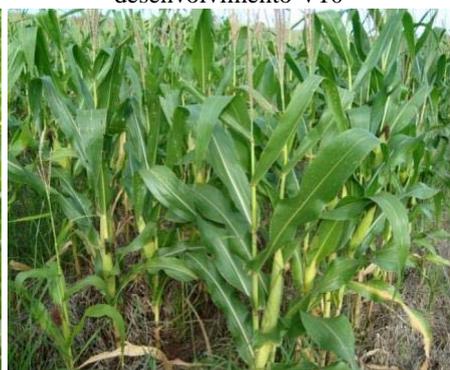


FIGURA 14D Estádio de desenvolvimento R3



FIGURA 14E Estádio de desenvolvimento R3



FIGURA 14F Maturação Fisiológica

O rendimento de grãos da cultura do milho (Tabela 3) foi influenciado pela profundidade de trabalho da haste sulcadora, sendo que nos tratamentos onde a haste trabalhou a profundidades de 200 e 250 mm foram obtidas as maiores produtividades. No tratamento em que a haste sulcadora trabalhou a 150 mm de profundidade, o resultado foi o de uma produtividade superior ao tratamento em que a haste trabalhou a 100 mm de profundidade, porém inferior às profundidades de trabalho da haste a 200 e 250 mm de profundidade.

TABELA 3 Produtividade da cultura do Milho

Tratamentos	Produtividade
100 mm	2057,333 c
150 mm	3033,666 b
200 mm	4026,333 a
250 mm	4259,857 a
Média Geral	3344,297
CV (%)	12,199

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Assim, destaca-se que a profundidade adequada para a realização da semeadura é 200 mm -- nas condições em que foram realizados os ensaios --, visto que houve reduções nos parâmetros: força de tração, consumo de combustível e índice de patinagem. Além disso, o consumo específico de combustível foi menor ou semelhante se comparado às demais profundidades de trabalho. Também, foi possível observar que a capacidade de campo teórica foi superior nesse tratamento, quando comparada à maior profundidade (Tratamento 4) e à profundidade de 150 mm de trabalho da haste sulcadora (Tratamento 3).

Ao se relacionar os dados da presente pesquisa com os resultados obtidos por Albuquerque et al. (2001), que estudaram os efeitos do pisoteio

bovino sobre o sistema de semeadura direta, concluindo que as modificações nas propriedades físicas do solo afetaram o crescimento e a produtividade da cultura do milho, fica evidente que a utilização de hastes sulcadoras são fundamentais para se trabalhar em solos onde se desenvolve a integração entre lavoura e pecuária.

## 5 CONCLUSÕES

Em solos compactados pelo pisoteio dos bovinos, o aumento da profundidade de trabalho da haste sulcadora causa aumento na força de tração da semeadora-adubadora, no índice de patinagem e no consumo de combustível do trator agrícola.

O consumo específico de combustível é maior na menor profundidade de trabalho da haste sulcadora.

Quando a ponteira da haste sulcadora trabalha ligeiramente abaixo da camada mais compactada do solo, a força de tração e o índice de patinagem são reduzidos e aumenta-se a capacidade de campo teórica.

Quanto à produtividade, a cultura do milho apresentou resposta à medida em que a profundidade de trabalho da haste sulcadora aumentou até 200 mm.

Na integração Lavoura-Pecuária, é importante o conhecimento da compactação do solo para a regulação correta da profundidade de trabalho das hastes sulcadoras abaixo da camada mais compactada, a fim de otimizar a operação do conjunto trator-semeadora e proporcionar um ambiente mais favorável ao desenvolvimento do sistema radicular da cultura do milho.

## 6 REFERÊNCIAS

AITA, C.; CERETTA, C. A.; THOMAS, A. L.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 18, n. 1, p. 101-108, jan. 1994.

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 717-723, jan. 2001

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; CRUZ, J. C. **A cultura do milho na integração lavoura-pecuária**. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/integracao.htm>>. Acesso em: 4 jan. 2010.

AMARANTE JUNIOR, O. P. DE. SANTOS, T. C. R. DOS, BRITO, N. M.; RIBEIRO, M. L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 589-593, jul. 2002

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

ARAÚJO, A. G.; CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R. **Mecanização do plantio direto**: problemas e soluções. Londrina: Iapar, 2001. 18p. (Informe de Pesquisa, 137).

ARGENTA, G. **Manejo do nitrogênio em milho implantado em semeadura direta, em dois ambientes**. Porto Alegre, 1998. 108 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BARBOSA, J. A. **Análise de um modelo para predição de desgaste em pneus de tração de tratores agrícolas**. 1998. 41p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BARBOSA, J. A.; VIEIRA, L. B.; DIAS, G. P.; DIAS JÚNIOR, M. de S.; Desempenho operacional de um trator agrícola equipado alternadamente com pneus radiais e diagonais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 474-480, maio/ago.2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa sda nº 33, de 24 de agosto de 2007. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 166, 28 ago. 2007. Seção 1.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Conceitos gerais de compactação do solo**. Campinas, 2006. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/ Comp1.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/Comp1.htm)>. Acesso em: 28 nov. 2009.

CASÃO JUNIOR, R. Intervenções de mecanização agrícola nos estudos de validação de tecnologia em plantio direto nos municípios limieiros a represa de Itaipu. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Projeto plantio direto com qualidade ITAIPU/IAPAR**: relatório técnico anual 2001/2002. Londrina, 2002. 23p.

CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; ARAUJO, A. G.; RALISCH, R. **Dinâmica de semeadoras-adubadoras diretas em Primeiro de Maio – PR**: resultados de avaliação. Londrina: IAPAR, 2000. 14p.

CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CEPIK, C. T. C.; DEBIASI, H. Demanda de tração em haste sulcadora na integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo e sua relação com o estado de compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 220-228, jan./abr. 2007.

CONTE, O.; LEVIEN R.; TREIN, C. R.; MAZURANA, M.; DEBIASI, H. Resistência mecânica do solo e força de tração em hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 730-739, out./dez. 2008.

CORRÊA, I. M. **Características de tração de um trator agrícola utilizando-se de pneus radial e diagonal**. 1993. 99p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; NOVOTNY, E. T.; PEREIRA FILHO, I. A.; SANTANA, D. P.; PEREIRA, F. T. F.; HERNANI, L. C. **Cultivo do Milho**. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho\\_2ed/mandireto.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/mandireto.htm)>. Acesso em: 10 mar. 2009.

DA ROS, A. O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 20, n. 1, p. 135-140, jan. 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Programa fitossanitário da cultura do milho**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://panorama.cnpms.embrapa.br/plantas-daninhas/controlado>>. Acesso em: 2 dez. 2009

ESPÍRITO SANTO, A. C. **Desgaste de ponteiras de hastes sulcadoras de semeadoras de Plantio Direto e sua influência no esforço de tração**. 2005. 168p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; LIMA, S. L. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 947-953, ago. 2003.

GERMINAO, R.; BENEZ, S. H. Ensaio comparativo em dois modelos de hastes sulcadoras para semeadoras-adubadoras de plantio direto. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n.3, p.85-92, 2006.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Plantio direto: caminho para a agricultura sustentável**. Londrina, 2009. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/PlantioDireto/PlantioDireto.htm>> . Acesso em: 27 ago. 2009.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. C.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Eficácia de formulações de herbicidas na dessecação de plantas daninhas. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 52, p. 421-428, 2005.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.; OLIVEIRA, I. P. de; COSTA, J. L. da; SILVA, J. G. da; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; MAGNOBOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé-Tecnologia Embrapa**: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Circular Técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570p.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 1131-1140, set. 2007.

LOPES, A.; LANÇAS, K. P.; FURLANI, C. E. A.; NAGOAKA, A. K.; CASTRO NETO, P.; GROTTA, D. C. C. Consumo de combustível de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p.382-386, maio/ago. 2003.

LOPES, A.; LANÇAS, K. P.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; REIS, G. N.; NAGOAKA, A. K. 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, mar./abr. 2005.

LOUZADA, R. S.; GONÇALVES, R. da S.; FISS, G.; LISBÔA, H.; SIGNORINI, C. B.; LOY, F. S.; FERREIRA, O. G. L. Comparação de três métodos de avaliação do percentual de patinação de tratores agrícolas. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 26., 2007, Pelotas. **Anais eletrônicos...** Pelotas: UFPel, 2007. Disponível em: < [http://www.ufpel.tche.br/cic/2007/cd/pdf/CA/CA\\_01172.pdf](http://www.ufpel.tche.br/cic/2007/cd/pdf/CA/CA_01172.pdf)>. Acesso em: 19 dez. 2009.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, p. 133-146, jul. 2009. Edição especial.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas**: ensaios & certificação. Piracicaba: FEALQ, 1996. 772p.

MIRANDA, N. de O.; OLIVEIRA, M. de; NUNES, R. L. Desempenho operacional de trator com tração dianteira auxiliar na subsolagem de um inceptisol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p.97-102, jan./abr. 2000.

OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOCOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A. E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M. de. **Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais**. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF/APA, 1996. 90p.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; ANDRADA, C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, 1805-1816, set. 2008.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.

SÁ, J. C. M. de. Manejo de fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993.

SERRANO, J. M. P. R.; Desempenho de tratores agrícolas em tração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 1021-1027, jul. 2007.

SILVEIRA, G. M. **Os cuidados com trator**. 2. ed. Rio de Janeiro: Globo, 1988. 245p.

SILVEIRA, J. C. M. da. **Desempenho operacional de um conjunto trator-semeadora em função da velocidade e rotação no eixo do motor**. 2008. 118p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

SOUZA, A. C. Parcelamento e época de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em características agronômicas do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 321-329, abr./jun. 2001.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. DOS; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 129-136, jan/fev. 2009

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

STRECK, C. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; KAISER, D. R. 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, maio/jun. 2004.

STRECK, C. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; KAISER, D. R. 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, maio/jun. 2004.

SUZUKI, L. E. A. S.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; LIMA, C. L. R. DE. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1159-1167, ago. 2007.

TEIXEIRA, L. A. J.; TESTA, V. M.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 207-214, fev. 1994.

TIAN, G.; KANG, B.T.; BRUSSAARD, L. Mulching effect of plant residues with chemically contrasting compositions on maize growth and nutrient accumulation. **Plant and Soil**, Amsterdam, v. 153, n. 2, p. 179-187, June 1993.

VICTORIA, R. L.; PICCOLO, M. C.; VARGAS, A. A. T. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Coord.). **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.105-120.

VOLPATO, C. E. S.; CONDE, A. P.; BARBOSA, J. A.; SALVADOR, N. Desempenho de motor diesel quatro tempos alimentado com biodiesel de óleo de soja (B 100). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1125-1130, jul./ago. 2009.

YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho**: quanto, como e quando aplicar? Piracicaba: Potafos, 1996. 5p. (Informações Agronômicas, 74).