

**ANÁLISE TÉCNICA DE SEMEADORAS
ADUBADORAS PARA PLANTIO DIRETO DE
MILHO**

ARISTON PINTO SANTOS

2006

ARISTON PINTO SANTOS

**ANÁLISE TÉCNICA DE SEMEADORAS ADUBADORAS PARA
PLANTIO DIRETO DE MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola - Área de concentração em Máquinas e Automação Agrícola.

Orientador:
Prof. Dr. Carlos Eduardo Silva
Volpato

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2006

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

Santos, Ariston Pinto

Avaliação técnica de semeadoras adubadoras para plantio direto de milho no estado de Minas Gerais / Ariston Pinto Santos. -- Lavras : UFLA, 2006.

123 p. : il.

Orientador: Carlos Eduardo Silva Volpato.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Semeadora. 2. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-631.33

ARISTON PINTO SANTOS

**ANÁLISE TÉCNICA DE SEMEADORAS ADUBADORAS PARA
PLANTIO DIRETO DE MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Máquinas e Automação Agrícola para obtenção do título “Mestre”.

APROVADA em 24 de Fevereiro de 2006

Prof.^a Dr.^a Maria Cristina Cavalheiro Tourino

UFLA

Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho

UFLA

Prof. Dr. Carlos Eduardo Silva Volpato
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

A todos os pesquisadores e autores citados nesta pesquisa, pela contribuição, base para o desenvolvimento do presente trabalho.

A Deus,

companheiro em todos os momentos de minha vida.

A memória de meu pai, meu professor na dedicação e no amor pelos estudos.

À minha mãe, que me manteve na escola com sacrifício e carinho.

DEDICO

A minha Avó, um exemplo de vida.

HOMENAGEIO

À Rose, minha companheira

A meus padrinhos

A Jeovana, Rômulo, André e Tiago, meus filhos,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À fé em Deus, sempre presente na alegria e na felicidade de viver.

À Professora Ofliza Viera da Silva, pela liberação concedida para a realização do mestrado, com concessão de bolsa por meio do PICDTEC/CAPES.

Aos professores Dr. Gilmar Tavares e Dr. Gabriel José de Carvalho, pelas informações e orientações sobre o Curso de Pós Graduação.

Aos professores Dr. Victor Cruz, MSc. Francisco das Chagas Teixeira e Dr. Geovergue Rodrigues de Medeiros, por me recomendarem à UFLA.

Aos colegas MSc. Graciliano Paiva de Oliveira e Dr. Márcio Vilela, grandes incentivadores na realização deste curso.

Aos professores Dra. Maria Cristina Cavalheiro Tourino e Dr. Carlos Eduardo Silva Volpato, pela orientação, estímulo e ensinamentos.

Aos professores Dr. Max Leandro Naves, Dr. Jackson Antônio Barbosa, Dr. Wellington Pereira Alencar de Carvalho, Dr. Giovanni Francisco Rabelo Dr. Rodrigo Villela Machado, Dr. Nilson Salvador, Dr. Stélio Maia Menezes, Dr. Pedro Castro Neto e Dr. Roberto Alves Braga, pela colaboração direta na implantação e desenvolvimento do experimento.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia; às secretárias, pela agilidade e eficiência no atendimento, aos operadores de máquinas em especial a André Gustavo, o mais empenhado, pela colaboração em tudo que foi possível para a implantação do experimento.

Aos colegas do curso de pós-graduação e de graduação em Engenharia Agrícola, pela colaboração, participação e auxílio nos trabalhos de campo.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO	04
2.1 Histórico origem e evolução do sistema de plantio direto.....	04
2.2 Conceitos.....	11
2.3 Instrumentação.....	13
2.4 Os sistemas de plantio e o plantio direto.....	17
2.5 As semeadoras na semeadura direta.....	22
2.6 A influencia da umidade e da biomassa no processo de compactação dos solos agrícolas.....	25
2.7 Importância do índice de uniformidade de distribuição de sementes na produtividade.....	33
2.8 Avaliação do índice de velocidade de emergência de plantas no desempenho das semeadoras.....	37
2.9 O problema dos danos mecânicos nas sementes na unidade dosadora.....	37
2.10 A influencia da profundidade de semeadura na emergência de plantas.....	38
2.11 A importância econômica do consumo de combustível.....	39
2.12 A Influência da patinação no desempenho dos tratores.....	42
2.13 A importância da potência e força de tração dos tratores.....	44
2.14 A capacidade operacional e o desempenho dos tratores.....	47

3	MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.1	Material.....	49
3.1.1	Campo experimental.....	49
3.1.2	Máquinas e implementos.....	49
3.1.2.1	Trator.....	49
3.1.2.2	Pulverizador.....	49
3.1.2.3	Semeadora 1.....	50
3.1.2.4	Semeadora 2.....	51
3.1.2.5	Semeadora 3.....	52
3.1.3	Equipamentos e Acessórios.....	53
3.1.3.1	Sistema de medidas topográficas.....	53
3.1.3.1.1	Estação total.....	53
3.1.3.1.2	Outros.....	53
3.1.3.2	Sistema de medidas de compactação e umidade.....	53
3.1.3.2.1	Penetrômetro.....	53
3.1.3.2.2	Estufa.....	53
3.1.3.2.3	Balança.....	53
3.1.3.2.4	Outros.....	54
3.1.3.3	Sistema para aquisição e processamento de dados.....	54
3.1.3.3.1	Data logger.....	54
3.1.3.3.2	Mini-Gravador repórter V-Sensor.....	54
3.1.3.3.3	Câmara Digital.....	55
3.1.3.3.4	Computador.....	55
3.1.3.3.5	Softwares.....	55
3.1.3.4	Sistema de transformação de energia.....	56
3.1.3.4.1	Reversor de Tensão Elétrica.....	56
3.1.3.5	Sistema de medição de consumo de combustível.....	56
3.1.3.5.1	Fluxômetro Eletromecânico.....	56
3.1.3.5.2	Processador de fluxo digital.....	56
3.1.3.5.3	Termopar.....	57
3.1.3.6	Sistema de medida de força de tração.....	57
3.1.3.6.1	Célula de Carga.....	57
3.1.3.7	Sistemas de aferição instrumental.....	58
3.1.3.7.1	Máquinas de ensaio universal.....	58
3.1.3.7.2	Multímetro.....	59
3.1.3.8	Elementos de semeadura.....	59
3.1.3.8.1	Semente.....	59
3.1.3.8.2	Discos de sementes.....	59
3.1.3.8.3	Tubos condutores e coletores de sementes.....	60
3.2	Métodos.....	61
3.2.1	Levantamento planialtimétrico georeferenciado.....	61

3.2.2	Análises químicas e físicas do solo.....	63
3.2.3	Delineamento experimental.....	67
3.2.4	Resistência à penetração, umidade e biomassa do solo.....	68
3.2.5	Semente.....	69
3.2.6	Quantidade de sementes por metro linear.....	70
3.2.7	Índice de velocidade de emergência de plantas.....	71
3.2.8	Índice de uniformidade de semeadura.....	71
3.2.9	Profundidade de semeadura.....	72
3.2.10	Germinação e danos mecânicos.....	72
3.2.11	Regulagens das semeadoras.....	73
3.2.11.1	Regulagens da semeadora 1.....	73
3.2.11.1.1	Dosagem de adubo.....	73
3.2.11.1.2	Dosagem de sementes.....	74
3.2.11.1.3	Escolha dos discos de sementes.....	74
3.2.11.2	Regulagens das semeadoras S2 e S3.....	74
3.2.11.2.1	Dosagem de adubo.....	74
3.2.11.2.2	Dosagem de sementes.....	75
3.2.11.2.3	Escolha dos discos de sementes.....	75
3.2.11.2.4	Pressão de vácuo – meter.....	75
3.2.12	Instrumentação.....	76
3.2.12.1	Funcionamento do sistema de aquisição de dados.....	76
3.2.12.2	Índice de patinagem (%).....	76
3.2.12.3	Força média na barra de tração (kN).....	77
3.2.12.4	Potência média na barra de tração por mecanismo de semeadura (cv/hast).....	78
3.2.12.5	Consumo horário de combustível (l.h ⁻¹).....	78
3.2.12.6	Consumo específico de combustível (L.h ⁻¹).....	79
3.2.12.7	Capacidade de campo teórica (ha.h ⁻¹).....	80
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
4.1	Biomassa de cobertura do solo.....	81
4.2	Umidade e resistência à penetração do solo.....	82
4.3	Uniformidade de distribuição de plantas.m ⁻¹ , índice de velocidade de emergência, duplos, aceitáveis, falhas, profundidade de semeadura, danos mecânicos e germinação.	84

4.3.1	Análise Comparativa entre três semeadoras	88
4.3.2	Análise Comparativa entre as três velocidades de deslocamento	88
4.3.3	Análise comparativa entre as três semeadoras no desdobramento de velocidade dentro de semeadora e a influência do aumento da velocidade de deslocamento de 1,38 m.s ⁻¹ para 1,8 m.s ⁻¹ e para 2,2 m.s ⁻¹ .	89
4.4	Patinagem, força na barra de tração, potência por haste, consumo horário, consumo específico e capacidade de campo.	90
4.4.1	Análise Comparativa entre três semeadoras	93
4.4.2	Análise Comparativa entre as três velocidades de deslocamento	93
4.4.3	Análise comparativa entre as três semeadoras no desdobramento de velocidade dentro de semeadora e a influência do aumento da velocidade de deslocamento de 1,38 m.s ⁻¹ para 1,8 m.s ⁻¹ e para 2,2 m.s ⁻¹ .	94
5	CONCLUSÕES	98
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
	ANEXOS	122

RESUMO

SANTOS, Ariston Pinto. **Avaliação técnica de semeadoras adubadoras para plantio direto de milho no estado de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2005 123p. (Dissertação – mestrado em engenharia Agrícola) ¹.

Com o objetivo de se avaliar tecnicamente três semeadoras para plantio direto de milho, montou-se um experimento em área do Departamento de Engenharia Agrícola da UFLA, sob Latossolo Vermelho Distroférico argiloso (LVdf), utilizando-se as seguintes semeadoras: S1 - Semeato SHM 11/13; S2 - John Deere RT 907 e S3 - John Deere RT 907, com diferentes sistemas de abertura de sulcos para deposição de adubo, deslocando-se a três velocidades distintas, de 1,38, 1,8, 2,22 m.s⁻¹. As variáveis quantificadas foram: biomassa; umidade e resistência do solo à penetração, estande plantas m⁻¹, velocidade de emergência de plantas; uniformidade de semeadura (duplos, aceitáveis, falhas), profundidade de semeadura, danos mecânicos, germinação das sementes, patinagem, força média na barra de tração, potência média por mecanismo de semeadura, consumo horário e específico de combustível e capacidade de campo teórica. Adotou-se um delineamento estatístico em blocos casualizados, com parcelas subdivididas. A partir dos resultados obtidos, foi possível concluir que, com relação ao desempenho operacional do conjunto trator-semeadora, ocorreram diferenças significativas entre os três conjuntos quanto à força na barra e ao consumo de combustível. Quanto à patinagem e a potência, não ocorreu diferença significativa entre os conjuntos 1 e 2, apresentando menor valor, diferindo do conjunto 3. Não houve diferença estatisticamente significativa para a velocidade de emergência de plantas, profundidade de semeadura, danos mecânicos e germinação. Ocorreu diferença significativa quanto a variável estande, sendo o maior valor atribuído aos conjuntos 1 e 3 e o menor valor atribuído ao conjunto 2.

¹Comitê de Orientação: Dr. Carlos Eduardo Silva Volpato (Orientador) – DEG - UFLA, Dr.^a Maria Cristina Cavalheiro Tourino – DEG - UFLA

ABSTRACT

SANTOS, Ariston Pinto. **Technical evaluation of fertilizing-sowing machines for corn no-tillage farming in the state of Minas Gerais.** Lavras: UFLA, 2005 123p. (Dissertation – Master in Agricultural Engineering)².

With the objective of technically evaluating three sowing machines for no-tillage farming of corn, an experiment was established in the area of the Agricultural Engineering of the UFLA, under **Typic Distroferric Red Latosol clayey (LVdf)**, by utilizing the three following sowing machines: S1 - Semeato SHM 11/13; S2 - John Deere RT 907 and e S3 - John Deere RT 907, with different furrow opening systems for fertilizer placement., moving at three different speeds of 1.38, 1.8, 2.22 m.s⁻¹. The variables quantified were: biomass, moisture and soil resistance to penetration, stand plants m⁻¹, plant emergence velocity; sowing uniformity (double, acceptable, failures), sowing depth, mechanical damages, seed germination, skidding, average power on the draw bar, average power per sowing mechanism, hourly and specific fuel consumption and theoretical field capacity. A statistical design in randomized blocks with split plot was adopted. From the results obtained, it was possible to conclude that, as regards the operational system of the tractor-sowing assembly, significant differences occurred among the three assemblies as to the power on the bar and fuel consumption. As for skidding and power, no significant difference occurred between assemblies 1 and 2, presenting lower value, differing from assembly 3. There were no statically significant differences for emergence velocity of plants, sowing depth, mechanical damages and germination. Significant differences occurred concerning the variable stand, the highest values being designed to assemblies 1 and 3 and the lowest one designed to assembly 2.

²Guidance Committee: Dr. Carlos Eduardo Silva Volpato (Adviser) – DEG - UFLA, Dr. Maria Cristina Cavalheiro Tourino – DEG - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A degradação do solo, com repetidas mobilizações, tem acelerado a decomposição da matéria orgânica e, portanto, afetado suas propriedades físico-químicas e biológicas. Nos últimos trinta anos, o manejo do solo tem se desenvolvido no sentido de minimizar e, até mesmo, tornar desnecessária sua mobilização. Varias técnicas foram desenvolvidas para minimizar os impactos causados pela excessiva mobilização do solo. A semeadura direta é uma delas, preservando os resíduos vegetais na superfície do solo e protegendo-o da erosão, aumentando o conteúdo de matéria orgânica que, com o passar dos anos, melhora sua estrutura, possibilitando um maior controle da erosão.

Muitos trabalhos demonstram que a semeadura direta utilizada de forma contínua vem se tornando um modo mais efetivo e prático de promover a restauração e a melhoria da qualidade do solo para produtores que já a adotaram, fundamentalmente, em uma agricultura sustentável e comprometida com a preservação do ambiente.

Neste trabalho, faz-se, primeiramente, uma retrospectiva histórica sobre o plantio direto, sua origem e evolução, conceitos e definições, sua importância no contexto mundial e nacional, no seu mais amplo sentido, o mais aberto possível, com uma visão abrangente, desde os mais tradicionais e os mais modernos pesquisadores.

Num segundo momento, ilustrando-se com figuras, descreve-se a área experimental, todos os materiais utilizados na pesquisa, as semeadoras e seus respectivos mecanismos de semeadura diferenciados, bem como a instalação da célula de carga, acoplando-se o trator à semeadora. Relatam-se também todos os passos da metodologia aplicada para a exploração da área experimental e

respectivo delineamento, seguido dos métodos utilizados na determinação das variáveis analisadas.

Num terceiro momento, apresentam-se os resultados em tabelas de médias e análise de variância obtida pelo teste de Tukey a 1% e 5%, respectivamente. Comparam-se esses resultados a de outros pesquisadores, numa discussão dialógica das condições do solo e clima do local, concluindo a avaliação técnica com algumas sugestões para a semeadura direta de milho.

O sistema de plantio direto requer um conhecimento mais aprofundado das variáveis de interações máquina-solo-planta.

O objetivo desta pesquisa foi estudar das variáveis de interações máquina-solo-planta, investigando e avaliando tecnicamente o comportamento de três semeadoras adubadoras de precisão, no plantio direto de milho, sendo uma de precisão mecânica com discos horizontais e duas de precisão pneumática, todas com quatro linhas de semeadura, espaçadas de 70 cm, submetidas a três variações na velocidade de deslocamento (1,38; 1,8 e 2,22 m.s⁻¹). O delineamento experimental foi de blocos casualizados, parcelas subdivididas e três repetições. O solo utilizado foi um latossolo Vermelho Distroférrico argiloso (LVda) da área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da UFLA, já cultivado há cinco anos, antecedido de uma aplicação de herbicidas.

As variáveis estudadas, antes e depois da semeadura, foram: a quantidade da biomassa de cobertura do solo, a umidade do solo, a resistência do solo à penetração, o estande plantas m⁻¹, o índice de velocidade de emergência de plantas, o índice de uniformidade de distribuição de plantas (duplos, aceitáveis, falhas), a profundidade de deposição das sementes, os danos mecânicos provocados pelos mecanismos das semeadoras nas sementes, o percentual de germinação das sementes após os danos mecânicos, o percentual

de patinagem das semeadoras, a força média na barra de tração do trator, a potência média por mecanismo de semeadura, o consumo horário e específico de combustível e a capacidade de campo teórica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico origem e evolução do sistema de plantio direto

A produção agrícola, à semelhança da natureza, isto é, sem preparo do solo, é tão antiga quanto à própria agricultura persistindo até que os egípcios, há uns 6.000 anos, inventaram o arado de madeira arrastado por bois. O bispo Diego de Landa, ao visitar a península de Yucatán no México, em 1549, descreveu a forma como os nativos cultivavam milho, queimando os restos vegetais, abrindo covas com paus pontiagudos e depositando as sementes, que eram, a seguir, cobertas com a terra das próprias covas. Esse sistema primitivo de plantio direto só não pode ser considerado conservacionista porque a prática da queima dos restos vegetais deixa o solo desprotegido e exposto à erosão.

Violic et al. (1989) e Muzilli (1999) afirmam que, em muitas regiões do México, América Central e América do Sul, os camponeses tradicionais ainda usam pequenos enxadões ou facões como única forma de preparar o terreno para a semeadura. Simplesmente cortam a vegetação espontânea rente ao solo e a enleiam, para semear milho ou feijão nos espaços livres; ou então, esparramavam os restos vegetais e fazem a semeadura sobre a cobertura morta, usando paus pontiagudos para abrir covas.

Dallmeyer (2001) afirma que ainda hoje é possível encontrar o plantio com o chamado "chucho", "sacho" ou "punções", descritos como sendo hastes com pontas de ferro ou pontiagudas.

Landers (2000) afirma que na América Central, antes da chegada dos europeus, era utilizado um sistema chamado de "tapado", o qual consistia em distribuir sementes a lanço, seguido do corte de plantas invasoras no estágio de florescimento, encobrimdo as sementes e facilitando a sua germinação. As primeiras referências sobre a possibilidade de deixar de arar o solo foram feitas

por Edward H. Faulkner, em 1943, no livro "Plowman's Folly", no qual o autor admitia não haver, até aquele momento, qualquer razão científica razoável para o preparo mecânico do solo e propunha o cultivo mínimo como alternativa. As idéias de Faulkner foram comprovadas por Louis Bromfield, em Ohio. Agricultores americanos não estavam, naquela época, preparados para aceitar e usar os conceitos de Faulkner, Scarseth, Bromfield ou Klingham.

Segundo Wiethölter (2000), os primeiros estudos sobre o sistema de plantio direto foram realizados na Estação Experimental de Rothamsted, na Inglaterra, na mesma década de 1940 quando constatou que o preparo do solo era dispensável, desde que não houvesse competição de plantas daninhas.

O primeiro experimento comparando o plantio direto com o plantio convencional, incluindo rotação de culturas, foi implantado, em 1961, na estação experimental da Universidade de Ohio, em Wooster, por Glover Triplett. As primeiras culturas comerciais mecanizadas com o plantio direto foram idealizadas e colocadas em prática por Shirley H. Phillips, um extensionista da Universidade de Kentucky e por Harry M. Young, um agricultor do mesmo estado, em um trabalho em articulação com a Allis Chalmers, o qual, em 1966, lançou a primeira semeadora com disco ondulado para corte frontal da palha. Em 1973 foi lançado o livro "No-tillage Farming" (Phillips & Young, 1973) que é, ainda hoje, referência sobre o sistema em todo o mundo.

Sá (1992), Magalhães Jr. & Fagundes (1996) e Derpsch (1998) afirmam que o termo plantio direto é originário dos conceitos (em espanhol, *siembra directa ou cero labranza*; em inglês, *no-Tillage, zero tillage ou direct drilling*; em francês, *semis direct*; em alemão, *direktsaat*), que significam sem preparo do solo, ou seja, consiste na semeadura de uma cultura diretamente sobre uma cobertura dessecada quimicamente, ou sobre os resíduos da cultura anterior, sem preparo mecânico do leito de semeadura. É um termo que vem sendo bastante mencionado ultimamente no Brasil. Os ingleses e americanos foram os

primeiros a mecanizarem a técnica, plantando sementes ou mudas com o mínimo de interferência no solo, preservando os resíduos de cobertura vegetal. Os mesmos autores citam que a semeadura direta de culturas era prática comum em civilizações antigas, como a egípcia e a inca. A "evolução" ocorreu pela preparação intensa do solo com arados e grades, com tração animal e com a intensa mecanização tratorizada, incluindo-se máquinas cada vez maiores. Concluem que o sistema de plantio direto moderno só se tornou realidade a partir de pesquisas de cientistas norte-americanos e europeus, com o controle químico de plantas daninhas, dispensando-se o uso de cultivos mecânicos. Após as pesquisas, a **Imperial Chemical Industries (ICI)**, da Inglaterra, lançou no mercado, em 1961, a molécula do "paraquat", descoberta seis anos antes e que deu o impulso significativo aos primeiros trabalhos e aos fundamentos de formação de palha, base para o uso do SPD.

Segundo Magalhães Jr. & Fagundes (1996), no Brasil, os primeiros trabalhos, precursores do plantio direto, ocorreram em 1943, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pesquisando o efeito da manutenção da palha na superfície no controle da erosão em plantios manuais; em 1966, com o plantio de leguminosas em pastagens, utilizando uma semeadora John Deere, na estação experimental do International Research Institute (IRI), pertencente à organização Rockefeller, sediado em Matão, SP, e em 1973, em Campinas e Pindorama, com o objetivo de avaliar e controlar a erosão no espaçamento entre terraços. Foi, porém, nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná que o sistema plantio direto concentrou o maior elenco de pesquisadores e produtores voltados para o seu desenvolvimento tecnológico (Lombardi et al.1991; Landers, 2000).

O marco histórico do sistema de plantio direto no Brasil, ocorreu em 1969, quando a Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por meio de convênio entre o Ministério da Educação e a United States Agency for International Development (MEC/USAID) importou dos EUA

uma semeadora marca Buffalo e semeou um hectare de sorgo na área agrícola do Posto Agropecuário do Ministério da Agricultura, no município de Não-Me-Toque (Borges, 1993).

No Rio Grande do Sul em 1971, para resolver os problemas encontrados com o sistema de plantio direto, Cia. Imperial de Ind. Quím. (ICI) do Brasil, iniciou pesquisas com a cultura do trigo, tendo em sua equipe os engenheiros, agrônomos Erivelton S. Roman, Nabuco D. Correa, Periguassú Dias, Getulio Orlandini, Rubens Bemerguí, sob a liderança do engenheiro agrônomo José Abrão, do Centro de Experimentação e Pesquisa da Federação das Cooperativas Brasileiras de Trigo e Soja (FECOTRIGO) em Cruz Alta, transformado, em 1989 em Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa (FUNDACEP/FECOTRIGO). Esses trabalhos incluíram também outros municípios, como Santo Ângelo, Giruá e Palmeira das Missões. Em 1973, iniciavam-se trabalhos na Estação Experimental de Passo Fundo, RS no Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Sul, subordinado ao Departamento Nacional de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias, do Ministério da Agricultura. (IPEAS/DNPEA/MA), depois Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Trigo), com a participação de vários pesquisadores, incluindo: José A. Velloso, Amélio Dall'Agnol, Clóvis Borkert, Otavio J. Fernandes de Siqueira, Rainoldo A. Kochhann, Luiz Ricardo Pereira, Bernard R. Bouglé, Sírio Wiethölter, Werner Wünsche e José Alberto Martini, da Food and Agriculture Organization (FAO) e da Universidade de Passo Fundo (UPF). O registro da primeira adoção do sistema de plantio direto no estado aconteceu em Santo Ângelo, pelo Sr. José Carlos da Veiga Mello, em 1974 (Wiethölter, 2000). No final da década, estava em andamento o projeto "Guardachuva", desenvolvido em Ibirubá, sob a liderança de Werner A. Wünsche (Borges, 1993; Wiethölter, 2000).

No estado do Paraná, em abril de 1971, registraram-se as primeiras pesquisas no Instituto de Pesquisa Agropecuária Meridional do Departamento Nacional de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias, do Ministério da Agricultura (IPEAME/DNPEA/MA), em Londrina, sob supervisão do engenheiro agrônomo Francisco Terasawa (Borges, 1993), as quais receberam o apoio da ICI da Inglaterra, posteriormente ICI do Brasil, hoje Zeneca e da agência alemã encarregada de executar projetos de cooperação técnica Entidade Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Foram estendidos para a IPEAME em Ponta Grossa, pelo engenheiro agrônomo Milton Geraldo Ramos, responsável pela primeira publicação de natureza regional (Ramos, 1976). Em Ponta Grossa, sob orientação de Rodolf Derpsch líder da equipe da GTZ para o projeto de conservação do solo, no Instituto de Pesquisa do Paraná e a equipe técnica da ICI do Brasil, entre eles Brian O'Dwyer e Terry L. Wiles, e produtores e profissionais, como Bráulio Barbosa Ferraz e Dirceu Bonacin, em Andirá (Norte do Paraná), juntos com Herbert Arnold Bartz, proprietário da fazenda Rhinania de Rolândia, PR, os quais viajaram aos EUA e Inglaterra e importaram equipamentos de ambos os países, em 1972 (Borges, 1993; Borges, 1997; Sade, 2000; FEBRAPDP, 2001; Saturnino, 1998; Saturnino, 2001). Os trabalhos que vinham sendo conduzidos pelo DNPEA/MA foram incorporados pela Embrapa desde o seu nascedouro, em 1973. A partir de 1974, passaram para a Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual (UEPAE) de Ponta Grossa e, em seguida, foram transferidos para o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), onde as pesquisas são mantidas até o presente. Uma das razões do sucesso dessas pesquisas foi a proximidade de um grupo de agricultores altamente evoluído, estabelecido sobre um complexo de solos extremamente frágil nos Campos Gerais do Paraná (Lourenço, 1998). Assim, ao mesmo tempo em que era avaliado em áreas-piloto pelas instituições de pesquisa, o movimento em torno do sistema de plantio direto descortinava-se no

Paraná, incentivado pela necessidade e pelo idealismo dos produtores, preocupados com a erosão e as restrições de crédito para custeio (Landers, 1999).

Em 1976, tendo como base o trabalho demonstrativo de pioneiros, como Herbert Bartz, os produtores Manoel Henrique Pereira, Franke Dijkstra e Wibe de Jagger iniciaram, na região dos Campos Gerais do Paraná, o processo de adoção do sistema de plantio direto. Teve iniciando um ciclo de prosperidade, revertendo, pelo efeito demonstrativo, o quadro de degradação dos recursos naturais pelo efeito erosivo das arações e gradagem que já vinha sendo denunciado desde 1973, quando foi fundada a Associação Conservacionista de Ponta Grossa. O credenciamento de engenheiros agrônomos para a comprovação de trabalhos conservacionistas, vinculado à liberação de financiamento pelo Banco do Brasil, fez com que os produtores adotassem o sistema em suas terras de topografia acidentada, como, por exemplo, as de Manoel Henrique Pereira.

Em 1978, a Embrapa Trigo, em convênio com a ICI do Brasil, passou a avaliar semeadoras para o sistema de plantio direto, importadas da Inglaterra e a desenvolver mecanismos rompedores de solo para plantio. Foram esses os primeiros passos para a industrialização de semeadoras nacionais.

Em 1980, a Embrapa Trigo firmou convênio com a Agência Internacional de Desenvolvimento do Canadá através do Ministério da Agricultura e introduziu o elemento rompedor de solo, chamado disco duplo defasado, que passou a equipar a maioria das semeadoras comerciais do Brasil e do exterior.

Em 1983 o Centro Acadêmico e a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" promoveram a Semana de Plantio Direto, resultando na publicação do livro "Plantio Direto no Brasil" (Torrado e Aloisi, 1984). Em 1984, por iniciativa da Fundação Cargill, foi publicado o livro: "Atualização em Plantio Direto" (Fancelli et al., 1985). Em 1989, foi realizado o 2º Encontro Paulista de

Plantio Direto, em Assis. No encontro foi relatada uma área de 40.000 ha cultivada com o Sistema de Plantio Direto (Fancelli, 1989). No Vale do Paranapanema, na região de Holambra e de Itapetininga, pioneiros na adoção do sistema foram motivados pelas iniciativas do norte do Paraná.

Na década de 1980, introduziu-se o sistema de plantio direto no cerrado com várias iniciativas. Entre elas, o pioneirismo do campo experimental de John Landers em Morrinhos, GO e de produtores do Programa de Desenvolvimento do Cerrado (PRODECER), como os de Iraí de Minas, MG. Destacam-se três encontros nacionais sobre o plantio direto: a formação do Clube da Minhoca, o lançamento do herbicida sistêmico não residual Glyphosate e o lançamento da primeira semeadora-adubadora nacional para plantio direto de tração animal, a "Gralha Azul", desenvolvida pelos engenheiros agrônomos Ruy Casão Jr., Augusto G. de Araújo e Rui S. Yamaoka do IAPAR. A indústria passou a produzi-la juntamente com outros equipamentos em série, incluindo-se aí a "matraca" para o plantio direto manual.

Na década de 1990 é que o sistema de plantio direto teve um crescimento vertiginoso no país, particularmente na Região Centro-Oeste, cujo início ocorreu em 1982, no Sudoeste do estado de Goiás, em Rio Verde e Motividiu.

Derpsch et al. (1991) afirmam que, em 1990, com o aparecimento no mercado de muitos herbicidas mais baratos juntamente com diversas semeadoras, o sistema de plantio direto se tornou mais fácil, tendo grande impacto, aceitação e adoção do sistema pelos produtores brasileiros. Entre as companhias químicas, a Monsanto foi a que mais se destacou, investindo maciçamente na difusão do sistema de plantio direto, por causa de seu interesse no marketing do herbicida Gliphosato. Dentre as treze companhias fabricantes de semeadoras, a Semeato foi a líder do mercado nacional.

Em julho de 1992 foi instituída a Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (FEBRAPDP), sediada em Ponta Grossa, PR, com o objetivo de "reunir e representar, nacional e internacionalmente, as entidades a ela associadas" (Sade, 2000).

O plantio direto é a mais importante ação ambiental brasileira em atendimento às recomendações da conferência da Organização das Nações Unidas (Eco-92) e da Agenda 21 brasileira, indo ao encontro do que foi acordado na assinatura do Protocolo Verde (IAPAR, 1981).

2.2 Conceitos

Derpsch et al. (1991) definem plantio direto como sistema de plantio na qual a semente é depositada diretamente no solo não preparado, onde os resíduos da cultura anterior permanecem na superfície e as plantas daninhas são controladas quimicamente. Comparado com outros métodos de preparo, é o único em que a energia de impacto das gotas de chuva é amortecida pela camada de cobertura morta e a erosão é controlada eficazmente.

Segundo Muzilli (1985) o plantio direto é um processo de semeadura em solo não preparado, no qual as sementes são colocadas em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficientes para se obter uma adequada cobertura e um adequado contato da semente com o solo. Caracteriza-se pela menor intensidade de mobilização e redução do tráfego de máquinas.

Sorrenson & Montoya (1989) e Southgate & Forster (1996) afirmam que o plantio direto, no conceito de desenvolvimento sustentável, alia o componente ecológico ao econômico, pois, reduz a erosão a um mínimo, abaixo do qual não é possível operar um sistema para a produção de alimentos ou matérias-primas agrícolas. Também deve ser considerado que a viabilidade econômica, sempre tão procurada e considerada fundamental em empreendimentos agrícolas, nem sempre leva em consideração o custo da degradação ambiental, como, por

exemplo, o custo da erosão. Nesse sentido, uma das técnicas utilizadas é computar o custo dos fertilizantes carregados pela água, embora isso não seja suficiente, pois, o solo perdido de modo irreversível poderá ter um custo bem superior ao dos fertilizantes.

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

Segundo Puríssimo (1997), o sistema de plantio direto consiste em apenas mais um preparo conservacionista colocado à disposição dos agricultores. Já é utilizado por mais de 25 anos no Brasil, especialmente nas regiões Sul e Centro-Oeste; em outras, o sistema ainda não mereceu a devida atenção, nem mesmo da pesquisa local.

Balastreire (1990) e Coelho (1996) definem que as máquinas que executam a sementeira, lançando e dosando certa quantidade simultaneamente de sementes, adubos ou fertilizantes ao solo, de acordo com um determinado padrão de distribuição, devem ser chamadas sementeiras-adubadoras.

American Society of Agricultural Engineers (1996f) e Coelho (1996) definem que os componentes fundamentais em uma sementeira-adubadora são: chassi, depósitos de sementes e de adubo, mecanismos dosadores de sementes e de adubos, discos cortadores de resíduos, sulcadores para sementes e para adubo, mecanismos de cobertura de sementes, rodas compactadoras, rodas de controle de profundidade de sementeira, rodas de sustentação e acionamento dos mecanismos dosadores e marcadores de linhas.

2.3 Instrumentação

Para que se faça uma avaliação por meio de um sistema de instrumentação, seja mecânico ou eletrônico, é necessário que se tenha instalado instrumentos capazes de fazer a medição dos dados que se deseje avaliar e comparar. Portanto, é necessário um sistema de aquisição de dados para coletar informações, como consumo e temperatura de combustível, velocidade de deslocamento, potência e força de tração, etc.

Tompkins & Wilhelm (1982) desenvolveram um sistema de aquisição de dados computadorizado para tratores. A montagem da unidade consistiu de um microcomputador, montado acima da cabeça do operador; que recebia os sinais dos transdutores de velocidade de deslocamento, consumo de combustível e de força de tração. Depois, esses sinais foram convertidos para linguagem numérica e gravados em fitas magnéticas. Os autores citam que a instrumentação do trator teria sido usada durante dois anos para o monitoramento das energias requeridas pelos vários implementos de preparo, operando sobre diferentes solos e condições. O trator também foi empregado como veículo de teste em um estudo de desempenho trativo. Nas condições ambientais de teste de campo, onde freqüentemente existiam altas temperaturas e condições de sujeira, o sistema, em geral, desempenhou satisfatoriamente sua função.

Green et al. (1985) desenvolveram e instalaram instrumentação para monitorar o desempenho de um trator, realizando medições de velocidade de deslocamento, rotação do motor, velocidade angular das rodas dianteiras e traseiras, força de tração na barra, torque no eixo traseiro e consumo de combustível. O monitoramento foi realizado por uma unidade da marca Dickey-John, modelo DJTPM II, consistindo de radar para a medição da velocidade de deslocamento, sensor magnético para a medição da velocidade angular das rodas motrizes e um console computadorizado que mostra as informações fornecidas pelos sensores. Utilizaram, ainda, um registrador digital Campbell CR5, que fez

parte de uma unidade de aquisição de dados a campo, o qual foi montado no lado esquerdo da cabine do trator, servindo como fonte de alimentação à bateria. Posteriormente, os dados foram analisados em um microcomputador.

A patinação é um dos fatores que mais influenciam a habilidade de tração dos tratores agrícolas. A instrumentação, que tem por objetivo a obtenção dessa variável, é descrita por Viliotti et al. (1998a) e Viliotti et al. (1998b), Oliveira et al. (1996) e Silva (1997). O último autor desenvolveu e construiu o projeto de um sistema para a aquisição de dados relacionados ao desempenho de máquinas, implementos e tratores agrícolas. O sistema permite obter dados de tração, torção, compressão e temperatura.

AlGaadi & Ayers (1993) utilizaram sistemas de aquisição de dados durante a avaliação do desempenho de pulverizadores com sistemas de controle marca Dickey-John, modelo CCS 100. A unidade constitui-se, basicamente, do console de controle, válvula de controle, transdutor de pressão e radar. Para o monitoramento, o sistema foi instrumentado com um transdutor de pressão e fluxômetro. O sinal do radar foi coletado com o propósito de se registrar e armazenar a velocidade. Os dados foram coletados por um micrologger Campbell Scientific 21-X. Um computador registrador Tandy CCR-82 foi conectado ao micrologger para armazenar os dados registrados, devido à insuficiente capacidade de armazenamento de dados do micrologger.

Para Werneck (1996), instrumentos são equipamentos eletrônicos que manipulam sinais elétricos, representam grandezas físicas com uma entrada de leitura de dados, podendo ser um transdutor, uma parte que faz o processamento do sinal propriamente dito e uma saída de dados, uma outra interface entre o sistema e o ser humano.

Segundo Silva (1997), na instrumentação de tratores, para se obter resultados confiáveis com precisão e exatidão, é necessário que o padrão utilizado para comparação seja conhecido, comumente aceito e o método e os

instrumentos empregados na comparação devem ser comprováveis. Uma atenção especial deve ser dada na escolha do local de instalação dos equipamentos, para que não fiquem expostos às condições adversas, como temperaturas extremas, poeira, chuva, choque mecânico e vibração, que comprometem a confiabilidade dos instrumentos, conduzindo para o insucesso da instrumentação instalada em máquinas agrícolas. A instrumentação é temporária e, depois de encerrada a coleta de dados, os equipamentos são desmontados. Silva (1997) também descreve dois métodos de medição: a comparação direta com um padrão primário ou secundário, comparando-se a grandeza desconhecida com um padrão e a comparação indireta com um padrão, utilizando-se um dispositivo transdutor acoplado a uma cadeia de instrumentos interligados, chamado de sistema de medição, que convertem a forma básica do sinal de entrada em uma forma análoga, que é processada, resultando um sinal de saída que se apresenta como uma função conhecida do sinal de entrada.

Cappelli et al. (2001) descrevem a construção, a calibração e os testes de um *push cone* eletrônico de baixo custo, para utilização em estudos da resistência mecânica à emergência e ao desenvolvimento das raízes das plantas. O equipamento pode ser usado para determinar Índice de Cone até 40 mm de profundidade. O *push cone* desenvolvido é constituído de três partes: dispositivo mecânico, circuito eletrônico e software. A parte mecânica é composta, basicamente, de um corpo confeccionado em alumínio, que abriga um cone cuja força para penetração no solo é suprida por uma mola de característica linear; a parte eletrônica é formada por um sensor de deslocamento, utilizado para medir a deflexão da mola, além de um circuito eletrônico, que faz a interface e o aumento do sinal do sensor de deslocamento com um microcomputador. O software tem a função de controlar a aquisição, o armazenamento e o processamento dos dados. O equipamento apresentou bons resultados na calibração e nos testes de campo.

Souza et al. (2002), colaboram com a difusão da técnica de Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR) que, de certa forma, é nova no Brasil, utilizada na otimização do manejo do solo e da água por meio da determinação da umidade do solo e sua variação. Os autores estudaram a possibilidade de utilização de sondas multi-hastes segmentadas em um equipamento de TDR. O trabalho foi dividido em duas partes. Na primeira, as performances de duas configurações de sonda foram analisadas e, na segunda, as sondas foram avaliadas durante o monitoramento da umidade em condições de laboratório e de campo. Foi possível verificar-se a viabilidade do uso de sondas multi-hastes segmentadas na estimativa da umidade de um perfil de solo, entretanto, a utilização da Sonda 1, com segmentação de 0,10 m, ficou limitada à profundidade de 0,40 m, devido à dificuldade da interpretação dos picos de impedância em sua extremidade.

Bianchini et al. (2002) desenvolveram um penetrógrafo, construído para operar de forma automática, executando um ensaio de penetração com um simples toque no botão de partida. Ele possui, incorporado, um sistema dedicado de aquisição de dados, que pode armazenar até 187 ensaios e uma interface de comunicação, dispensando a conexão ao microcomputador ou micrologger. As condições do ensaio como, por exemplo, data, localização (latitude e longitude) e profundidade, podem ser atualizadas, assim como a aferição da célula de carga, via teclado com mostrador de duas linhas. Verificaram-se variações de velocidade <5% com relação à do padrão ASAE, para índices de cone entre 500 e 5.684 kPa. O equipamento é compacto, de fácil manuseio e com capacidade operacional de até um ensaio por minuto.

Garcia et al. (2003) implementaram um sistema de aquisição automática de dados e desenvolveram o aplicativo Avalia MA para avaliação de máquinas agrícolas, buscando a coleta de dados de forma eficiente eliminando os erros tradicionais gerados pela coleta de dados convencional, como anotações

incorretas em planilhas e perda de dados. O sistema foi implementado utilizando o programa de computador Lab VIEW versão 6i e equipamentos da "National Instruments". Os autores desenvolveram instrumentos virtuais (VI) para os seguintes tipos de sensores: célula de carga, torquímetro, sensor de rotação tipo sensor indutivo e sensor de velocidade tipo radar. Observaram que, durante os ensaios, a facilidade de operação do sistema permitiu rapidez na operação de aquisição de dados e a capacidade de se combinar o sistema implementado para atender a demandas de diversas pesquisas, podendo ser utilizado em diferentes tipos de máquinas agrícolas.

Andrade et al. (2003) construíram uma guia de onda com materiais facilmente encontrados no mercado nacional e calibraram-na para solos tropicais. As curvas de calibração para o Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho são distintas e diferentes dos modelos apresentados na literatura. A modificação de um modelo matemático, fisicamente embasado, permitiu a geração de curvas de calibração com ajuste adequado, porém independentes para cada tipo de solo. Os autores salientam que os métodos de determinação da umidade por meio da Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR), que se baseia na correlação entre a capacidade dielétrica do solo e a sua umidade e cujo custo ainda é elevado, foram desenvolvidos para outros meios porosos, solos desestruturados e solos de países com clima temperado.

2.4 Os sistemas de plantio e o plantio direto

Benez (1972), Ortolani (1977), Daniel (1981), Valpassos (1985), Balbino & Oliveira (1991) e Ortolani (1991), relacionando e confrontando todos os sistemas de plantio nas condições brasileiras, concluíram que a análise do solo, as condições climáticas, a cobertura vegetal, a precipitação e a insolação do

local de implantação da cultura, são requisitos básicos para a determinação do sistema a ser adotado.

Para Mesquita et al. (1983), o plantio direto, além de consumir bem menos energia que os preparos do solo com arado e grade pesada, teve maior consumo nos insumos, com mais de 62% da energia utilizada.

Gebhardt et al. (1986) e Young (1988) mostram que esforços vêm sendo realizados com o objetivo de reduzir os custos e melhorar a conservação dos recursos naturais, sendo crescente o interesse pelos sistemas de cultivo mínimo e de plantio direto.

Derpsch et al. (1986) e Swardji & Eberbach (1998) quantificaram duas e nove vezes mais minhocas e cinco e oito vezes mais artrópodes no plantio direto do que no preparo convencional, após 1,5 e 4 anos de utilização dos sistemas, respectivamente. O preparo reduzido apresentou uma população intermediária entre dois.

Sturny (1987) classifica os sistemas de plantio em três grupos distintos: sistema convencional, no qual o solo é preparado e a sua superfície fica totalmente exposta; cultivo mínimo, qualquer sistema de cultivo com menor movimentação de solo e trânsito de máquinas em relação ao usualmente adotado numa determinada região, e plantio direto, no qual a deposição das sementes é feita diretamente no solo, sem haver nenhum preparo prévio.

Conforme Stonehouse (1991) e Denardin & Kochhann (1993), caso os agricultores pudessem levar em conta plenamente os custos diretos e indiretos da erosão, o plantio direto já teria sido adotado por uma quantidade muito maior de agricultores, especialmente nas regiões de clima tropical e subtropical. Porém, deve-se considerar que ainda existem entraves sérios à adoção do plantio direto, resumidos, principalmente, na compra dos equipamentos mínimos e insegurança em face de uma tecnologia que não dominam.

Para Derpsch et al. (1991) e Castro (1989), o plantio direto se intensificou no Brasil após a introdução de herbicidas capazes de controlar as plantas daninhas antes e depois do plantio e após o início da fabricação de semeadoras-adubadoras capazes de penetrar em solo compactado, providas de discos para corte dos restos vegetais remanescentes na superfície. Por outro lado, afirmam que esta técnica torna-se pouco efetiva em solos desuniforme, de baixa fertilidade, estrutura instável e facilmente compactados, que formam camadas com baixa porosidade e permeabilidade, com plantas daninhas e alta pedregosidade.

Balbino & Oliveira (1992), comparando arados de aivecas e de disco, plantio direto, grade aradora e escarificador, na rotação trigo, soja, trigo, milho, trigo, soja, tremoço e milho, verificaram que os diferentes sistemas de preparo do solo afetaram significativamente os rendimentos de grãos de milho. Os melhores resultados foram obtidos nos tratamentos com arado de aivecas e plantio direto.

Ortolani et al. (1992a) observaram que o plantio direto mostrou-se adequado quando visou-se à colheita mecanizada, igualando-se às maiores produções de grãos apresentados por arado de disco, subsolagem, grade aradora e enxada rotativa.

Segundo Portella et al. (1993), no sistema convencional, o tempo necessário para o preparo e semeadura de um hectare varia de 6 a 7 horas e no sistema plantio direto, necessita-se de pouco mais de 40 minutos. Enquanto no sistema convencional são consumidos aproximadamente 55 litros de óleo diesel para preparar e semear um hectare, no sistema plantio direto, o consumo reduz-se à sexta parte.

Para Siqueira et al. (1993), a média de quatro safras de milho mostrou não haver diferença entre os tratamentos de preparo do solo com arado de aivecas, escarificador e plantio direto.

Albuquerque et al. (1995) afirmam que, além da cobertura morta sobre o solo, presente em maior quantidade no plantio direto, outro fator responsável pela redução das perdas por erosão em relação ao sistema convencional é a total eliminação das operações de preparo e cultivo, ocorrendo menor quebra da dinâmica dos agregados.

Conforme Hetz & Barrios (1997), os custos energéticos dos sistemas de preparo com escarificador e do plantio direto são notadamente menores que o sistema de preparo com arado de disco e que, no plantio direto, o herbicida utilizado correspondeu a cerca de 50% do seu custo energético.

Segundo Muzzili et al. (1997), o plantio direto procura, fundamentalmente, a substituição gradativa de processos mecânico-químicos por processos biológico-culturais de manejo do solo e uma maior eficiência econômica decorrente da redução de gastos com insumos, energia e controle da erosão. No entanto, na tomada de decisão dos produtores em adotar o plantio direto, a viabilidade econômica ainda pesa mais do que a consciência ecológica, tendo-se ainda, por aí, um caminho muito longo a ser percorrido pela pesquisa e pela extensão.

Silva (1997a) verificou que o desenvolvimento do tamanduá da soja (*Sternechus subsignatus* Boheman) é favorecido pela monocultura da soja em plantio direto. Rotações de culturas com milho, sorgo e milheto, cujas plantas não são hospedeiras do coleóptero, têm sido uma alternativa de controle eficiente da praga.

Silva & Resck, (1997) afirmam que o plantio direto surge como tecnologia avançada de uso de solo, proporcionando benefícios comprovados na conservação do solo, quando se compara com sistemas convencionais de cultivo. Entretanto, requer maior nível de conhecimentos técnicos sobre planejamento de uso da terra, controle de plantas daninhas e prévio condicionamento físico e químico do solo.

Segundo Lyon et al. (1994), Grisso & Hofman (1992), Veloso & Souza (1993) e Rodrigues (1997), o controle efetivo e econômico das invasoras é o fator simples mais importante para a adoção do plantio direto com sucesso. Resta muito a pesquisar sobre substituição da flora invasora, efeito de rotações de culturas e alopáticas, doses e tecnologias de aplicação de agrotóxicos em função de tipos, quantidades e formas de manejo dos resíduos sobre o solo e segurança ambiental, com especial atenção ao seu destino final: degradação, lixiviação, evaporação e transporte pela enxurrada.

Unger & Jones (1998), após doze anos de investigações, afirmaram que os bioporos estáveis, criados por organismos e canais de raízes, reduziram o efeito da maior densidade do solo sobre a produtividade das culturas, verificado no sistema plantio direto, o qual desenvolveu uma estrutura rígida. Desse modo, foi possível semear em condições de solo mais úmido e a entrada das máquinas no campo, após as chuvas, pode ser feita mais cedo nas lavouras cultivadas sob plantio direto do que nas com preparo convencional.

Henklain & Casão Júnior (1989) afirmam que a escolha de um determinado sistema de preparo deve levar em consideração as respostas das culturas e do solo, visando diminuir perdas do solo por erosão, o controle de plantas daninhas, aumentar a capacidade de retenção e movimentação de água e a recuperação física do solo.

Ortolani et al. (1991), após dez anos trabalhando com diferentes sistemas de preparo do solo na cultura do milho (arado de discos, escarificador, grade pesada, grade leve, enxada rotativa e plantio direto), em Latossolo Vermelho Escuro textura média, concluíram que os tratamentos com grade pesada e enxada rotativa apresentaram compactação subsuperficial, com valores máximos a 15 centímetros de profundidade. Este fato não foi observado nos tratamentos com arado e mesmo no plantio direto.

Bertol et al. (1997) comparando a semeadura direta, a escarificação e a aração e a gradagem, na presença e na ausência de resíduos de milho e trigo, observaram que a semeadura direta com resíduos culturais foi o tratamento mais eficaz na redução da erosão. A aração e gradagem foi o menos eficaz.

Mello et al. (1998a) afirmam que, devido à necessidade de se produzir alimentos em larga escala, alguns sistemas de produção vêm esgotando e empobrecendo os solos, pois são usados de maneira inadequada. Diante destes fatores, a agricultura tem buscado sistemas e práticas que visam à maior preservação do solo e dos recursos naturais. Um desses sistemas de manejo conservacionista do solo, que tem se desenvolvido bastante no cenário agrícola nacional, é o sistema de semeadura direta.

Castro (1989) relata que as técnicas de preparo do solo desenvolvidas para o continente europeu, em regiões de clima temperado, topografia pouco acidentada com regime pluviométrico de reduzida precipitação anual, com gotas de chuva apresentando baixa energia cinética, foram introduzidas sem modificações na agricultura tropical. Tais técnicas, que se baseiam no enterrio de resíduos vegetais, deixando a superfície do solo descoberta em condições de elevada temperatura e chuvas intensas com gotas de alta energia cinética e relevo ondulado, produzem efeitos desastrosos no que se refere às perdas do solo por processos erosivos.

2.5 As semeadoras na semeadura direta

Tourino e Klingensteiner (1983) e Kurachi et al. (1986) mencionam que semeadoras de diferentes tipos e modelos devem ter sua eficiência avaliada por meio de dois parâmetros principais com relação à distribuição longitudinal de sementes: a porcentagem de espaçamentos aceitáveis e o coeficiente de variação dos espaçamentos. Estes autores sugerem critérios para a classificação do desempenho de semeadoras com relação à uniformidade de espaçamento entre

plantas nas linhas. A semeadora tem ótimo desempenho se apresenta de 90% a 100% de uniformidade (espaçamentos aceitáveis), bom desempenho de 75% a 90%, regular de 50% a 75% e, abaixo de 50%, desempenho insatisfatório. Sattler (1995) afirma que os discos de corte de resíduos são componentes fundamentais para semeadoras empregadas no plantio direto que, em alguns casos, pode chegar a 15 Mg ha⁻¹ de cobertura do solo com resíduos. As opções mais utilizadas são os discos de corte lisos, recortados ou corrugados e também os discos lisos com bandas laterais limitadoras de profundidade.

Para Yamaoka (1984), se não houver fragmentação ou se os restos estiverem mal distribuídos, as plantas daninhas são protegidas da pulverização de herbicidas no manejo ou ocorre diminuição da eficiência dos herbicidas residuais, ocasionando também embuchamentos na operação de semeadura. Segundo o autor, isso indica que o manejo das culturas deve visar à viabilização das operações envolvidas nos preparos conservacionistas de solo, podendo ter a finalidade de reduzir o comprimento das coberturas vegetais e permitir melhores condições para o preparo do solo ou proporcionar o dessecamento e morte da vegetação, importante no caso da semeadura direta.

Sorrenson & Montoya (1989) afirmam que o alto custo de aquisição das semeadoras de plantio direto é o maior entrave para a expansão do sistema no Brasil, especialmente para pequenas e médias propriedades. Devido ao excessivo número de manobras requeridas, adaptam-se melhor as semeadoras de engate ao sistema hidráulico de três pontos do trator, cujo preço é bem maior, considerando o mesmo número de linhas. Em função do alto custo inicial de aquisição das semeadoras, específicas para plantio direto, a saída encontrada pelos pequenos agricultores é a adaptação de semeadoras usualmente empregadas em preparos convencionais, já existentes na propriedade.

Derpsch et al. (1991), Jasa et al. (1992) e Collins & Fowler (1996) afirmam que a configuração final de uma semeadora-adubadora para plantio

direto pode ser a mais variada possível, desde que satisfaça a alguns requisitos fundamentais, tais como adaptar-se à semeadura de diferentes espécies e cultivares, assim como às profundidades densidades e espaçamentos variados, possuir mecanismos dosadores de sementes e de adubo de fácil regulagem que ocasionem baixos danos às sementes, depositá-las em profundidades desejadas, possuir sistemas de transmissões eficientes e simples, trabalhar em velocidades que permitam obter uma boa capacidade operacional de campo com um bom rendimento, possuir boa autonomia e ser resistente e durável.

Segundo Hofman & Solie (1992), Jasa et al. (1992) e Sattler (1995), as semeadoras devem trabalhar em condições de alta variabilidade de solos e de resíduos, devem conseguir penetração dos órgãos sulcadores mesmo em solos mais compactados superficialmente e possuir eficiente controle de profundidade de deposição e de compactação das sementes.

Segundo a ABNT (1994), as semeadoras são classificadas, segundo a forma de distribuição de sementes, em semeadoras de precisão e semeadoras de fluxo contínuo. Semeadoras de precisão são máquinas que distribuem sementes graúdas, uma a uma, ou em grupos, em intervalos regulares, de acordo com a densidade de semeadura preestabelecida, enquanto que semeadoras de fluxo contínuo distribuem sementes miúdas em um fluxo de densidade predeterminado.

Para a American Society of Agricultural Engineers (1996f), os sulcadores destinados à abertura do sulco onde serão colocados as sementes e o adubo no solo são de diversos tipos e combinações: em função da quantidade e da forma de disposição de resíduos ou de plantas de cobertura, do tipo de solo, do teor de água, do grau de compactação da camada superficial e da profundidade de semeadura e velocidades de deslocamento. As opções mais utilizadas no Brasil são os sulcadores triplo disco, discos duplos de mesmo diâmetro, discos duplos de diâmetro diferente (defasados) e os do tipo facão.

Coelho (1996) sugere que semeadoras pneumáticas devem proporcionar uniformidade de espaçamentos entre sementes dentro das linhas acima de 90% e semeadoras de discos perfurados horizontais acima de 60%.

Segundo Portella (1998), dentre as máquinas usadas na moderna agricultura, a semeadora foi a que maiores alterações apresentou desde sua concepção, no século XVII. Semear foi uma das primeiras operações agrícolas a ser mecanizada, dentro de um contexto de modernização, em todos os países do mundo.

2.6 A influencia da umidade e da biomassa no processo de compactação dos solos agrícolas

No início da Segunda Guerra Mundial, o exército dos Estados Unidos da América por meio da *Waterways Experimental Station* (WES), propôs uma análise da trafegabilidade empregando um único parâmetro, o índice de cone (IC), definindo como a resistência do solo à penetração de uma ponta cônica com ângulo sólido de 30°, expressa como a força por unidade de área da base do cone. O penetrômetro da WES tem dimensões normalizadas (ASAE S.313.1) que se apresentam em dois tipos de penetrômetros, segundo a resistência do solo (Quadro 1).

QUADRO 1. Penetrômetro normalizado pela American Society of Agricultural Engineers (1999b).

Solo	Haste		Ponteira
	Diâmetro (mm)	Diâmetro (mm)	Ângulo (°)
Macio	15,18	20,27	30
Duro	9,53	12,83	30

De acordo com Lanças (2000b), a compactação do solo não é uma propriedade do solo e, sim, o efeito da variação de algumas de suas propriedades, devido a ação de cargas externas, tais como o tráfego de máquinas e a ação de ferramentas agrícolas.

Derpsch et al. (1984) citam que a maior disponibilidade de água traz outras vantagens de ordem prática, como o período útil para o plantio, que é mais longo. Já sob preparo convencional, de 3 a 6 dias após uma chuva, a secagem da superfície não permite mais um plantio seguro. Com o plantio direto e, dependendo da camada de cobertura morta, pode-se prosseguir com o mesmo por 6 a 12 dias após uma chuva. Isso também diminui o risco de falha na germinação por falta de água.

Lambe (1958) afirma que a mudança no estado de solo resulta de uma variação no volume do solo quando este é submetido a uma força de compressão e é reversível havendo mudança temporária do estado de compactação. Depois de cessada a compressão, ocorre a expansão das micelas e dos gases, e o líquido (água) retorna aos espaços entre as partículas. Isso ocorre, principalmente, devido à reorganização das partículas, conferindo ao solo um comportamento plástico.

Hopkins & Patrick (1969), estudando os efeitos da compactação de três solos de textura média, verificaram que é pequena a penetração radicular em solos com altos níveis de compactação. Resultados semelhantes foram encontrados por Philips & Kirkham (1962), em condições de campo, em solo de textura argilosa e cultura de milho.

Weaver (1950) relata que a umidade ótima para execução das operações de preparo do solo coincide, aproximadamente, com o teor que proporciona máxima compactação do solo. Sendo assim, devem-se procurar outros meios de facilitar essas operações, procurando preparar o solo em umidades mais baixas ou utilizar máquinas que exerçam o mínimo de pressão possível sobre o solo.

Além desses fatores, o tipo do mineral de argila exerce também alguma influência sobre a susceptibilidade do solo à compactação. Dois solos argilosos com a mesma distribuição granulométrica podem apresentar grandes diferenças nas propriedades coloidais, dependendo do tipo de mineral presente em cada um.

Segundo Bodman e Constantin (1965) e Raney e Edminister (1955), os solos mais susceptíveis à compactação são os de textura média à moderadamente grosseira (francos, franco arenosos e franco siltosos) pela maior facilidade de reorganização de suas partículas. Obviamente, os solos altamente porosos são mais susceptíveis ao processo de compactação que os solos menos porosos. Para os autores, em condições parcialmente saturadas, quanto maior o teor de água do solo, maior será a compactação para uma dada pressão aplicada. Depois de atingido o ponto de saturação, as mudanças de volume da massa de solo ocorrem somente por perda de água da amostra.

Taylor (1971) relatou que a massa seca das raízes que se desenvolvem em solos não compactados é mais elevada em relação às que crescem em solos com altos valores de resistência a penetração do solo.

Segundo Kemper et al. (1971), além de modificar os mecanismos pelos quais os nutrientes são translocados no solo, a compactação pode alterar a quantidade de nutrientes disponíveis, na medida em que altera a mineralização dos compostos orgânicos, afetando o processo de aeração do solo. Os autores comentam que a compactação aumenta a velocidade de translocação de maioria dos nutrientes e que, por outro lado, diminui a quantidade de nutrientes mineralizados.

Reichardt (1973), analisando os tratamentos teóricos nos processos de armazenamento e transferência de componentes do solo, afirma que as modificações estruturais que ocorrem no solo após a compactação são responsáveis por uma série de alterações nos processos de armazenamento e transferência de água, gases, nutrientes e calor e também no desenvolvimento do

sistema radicular das plantas. Observou claramente as conseqüências e os efeitos agronômicos da compactação.

Cassel (1982) explica que a resistência à penetração pode ser estimada por meio de aparelhos denominados penetrômetros. Estes fornecem ou permitem o cálculo do índice de cone, que é definido como a força requerida para introduzir um cone metálico no solo, dividida pela área basal do cone. O índice de cone depende de varias propriedades físicas do solo e só pode ser interpretado corretamente quando vem acompanhado pelos valores das mesmas.

Segundo Saini & Chow (1984), os elevados teores de argila e reduzidos teores de matéria orgânica resultam em níveis relativamente elevados de compactação do solo.

Gameda et al. (1987) observaram redução da produtividade de milho em solos com subsolo compactado e afirmaram que esta redução foi devido à falta de aeração para o sistema radicular das plantas.

Bertoni & Lombardi Neto (1990) afirmam que a cobertura morta protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, faz diminuir o escoamento da enxurrada e incorpora ao solo a matéria orgânica que aumenta a sua resistência ao processo erosivo. No caso da erosão eólica, protege o solo contra a ação direta dos ventos e impede o transporte de partículas. Afirmam os autores que a cobertura morta formada por palha ou resíduos vegetais reduz a de perda de solo, contribui para a conservação da água, diminui a temperatura do solo e reduz as perdas por evapotranspiração. Relatam também que a cultura do feijão no estado de São Paulo está em segundo lugar, em termos de perda de solo (38,1 toneladas por hectare). Isso representa 190 kg de fertilizantes e 92 kg de corretivos perdidos, por hectare cultivado, anualmente.

Kayombo et al. (1991) observaram, em vários estudos, que a compactação do solo reduziu a taxa de infiltração de água, ocasionando assim

distúrbio ao desenvolvimento radicular, por falta de oxigênio na camada superior do solo.

Griffith et al. (1992) e Mullins (1995) afirmam que o incremento em matéria orgânica promove melhor agregação do solo e formação de agregados mais estáveis, importante característica usada como índices para resistência do solo à dispersão, susceptibilidade do solo à compactação e erosão, drenagem e infiltração de água e emergência de plantas.

Lanças et al. (1993) desenvolveram uma metodologia para avaliar o efeito da compactação do solo sobre suas propriedades físicas, construindo uma prensa hidráulica para prensagem do solo em anéis de PVC com 254 mm de diâmetro e 100 mm de altura. O incremento da pressão aplicada sobre o solo contido no anel aumentou significativamente os valores da sua densidade do solo e resistência a penetração.

Ferreira (1993), Camargo e Alleoni (1997), Torres et al. (1998) e Castro Neto et al. (1999b) afirmam que a movimentação de veículos e máquinas agrícolas, geralmente bastante pesados, e o preparo intensivo do solo têm contribuído para a formação de camadas compactadas. Essas camadas, além de provocarem erosão superficial do solo, refletem na produtividade agrícola, devendo, portanto, haver uma importante relação entre solo/máquina/planta. Ao pesquisador, cabe a função de investigar os efeitos causados pelo uso da máquina, comparar e recomendar o uso correto para que os equipamentos tenham o máximo rendimento com mínimo prejuízo.

Ferreira (1993) comenta que a compactação do solo, tanto na superfície como no subsolo, pode reduzir a produtividade e o lucro. Um dos aspectos lamentáveis deste problema, segundo o autor, é que poucos agricultores estão conscientes dos efeitos da compactação e de como diagnosticá-la.

Rosolem et al. (1994a) notaram que a resistência a penetração de 0,69 MPa ocasionou um decréscimo de 50% no crescimento radicular da soja.

Rosolem et al. (1994b) relataram que, para a cultura do milho, ocorreu essa mesma redução, numa resistência de 1,42 MPa e o crescimento radicular não foi completamente inibido, mesmo com 2,0 MPa.

Moraes et al. (1995), pesquisando o teor de compactação no Latossolo Roxo e Terra Roxa Estruturada, concluíram que, devido ao menor teor de argila, à mineralogia da fração argila e ao maior teor de matéria orgânica, o Latossolo Roxo apresentou menor compactação.

Segundo Lanças (1996b), os métodos para se detectar a camada compactada do solo podem ser divididos em três grupos principais. Métodos visuais subjetivos ou grosseiros: sulcos de erosão, fendas nos rastros dos rodados, crostas superficiais, sistema radicular raso e espalhado, falhas localizadas de germinação, plantas com tamanhos menores que o padrão, emergência lenta, coloração deficiente, sintomas de carência de N e P e toxidez de Mn, mesmo com adubação adequada e análise do perfil do solo pela abertura de trincheiras. Avalia-se a “dificuldade” de penetração de um estilete ou canivete ao longo do perfil para “sentir” a camada compactada. Métodos precisos: determinação da densidade do solo, percentagem de macroporos, taxa de difusão de oxigênio ou condutividade hidráulica saturada. Métodos intermediários: resistência à penetração.

Dias Jr. & Pierce (1996) relatam que o teor de água é o fator que determina a intensidade de deformação do solo, portanto, um solo mais seco suporta maiores pressões que um solo úmido, reduzindo o nível de compactação.

Orlando et al. (1998) verificaram que as maiores médias dos valores de índice de cone ocorreram para os menores teores de água do solo, tendendo a um decréscimo linear com o aumento da umidade, as quais, porém, não apresentaram diferenças estatísticas. Os mesmos autores ainda citam que a velocidade de penetração do cone deve ser de 1.829 milímetros por minuto e um mínimo de 10 leituras são necessárias para se caracterizar uma parcela

experimental uniforme. Além da determinação das leituras é recomendável relacionar informações complementares a respeito do tipo de solo, teor de água e densidade.

Castro Neto (2001) desenvolveu e avaliou equipamentos e metodologia para a determinação de parâmetros físicos do solo relacionados a dias trabalháveis com máquinas agrícolas, levando em consideração as características do conjunto trator-implemento na pressão máxima aplicável ao solo sem que este sofra compactação adicional. O autor construiu um eficiente equipamento hidráulico-eletrônico para determinações físicas de solo em campo. Os resultados evidenciaram que a metodologia desenvolvida permitiu a determinação de parâmetros físicos de solo para previsão e monitoramento das condições de trafegabilidade do solo, podendo ser incorporada a modelos agrometeorológicos com a finalidade de determinar o número de dias trabalháveis com máquinas agrícolas. O ensaio de campo realçou, ainda, a importância de se determinar com precisão o momento adequado para a retomada de qualquer atividade motomecanizada após a ocorrência de chuvas, tentando evitar a degradação de sistemas agrícolas pela compactação adicional do solo.

Weirich et al. (2002) avaliaram a suscetibilidade de compactação de dois tipos de solo, ambos com sistema de semeadura sob a palha. Para dimensionar a suscetibilidade a compactações, utilizaram ensaio de Proctor. Os solos foram ensaiados com e sem a presença de matéria orgânica livre. Os resultados demonstraram que, para o Cambissolo, textura média, não houve diferença nos valores que representam a suscetibilidade, enquanto no Latossolo Vermelho, textura argilosa, não houve diferença entre a máxima densidade aparente, porém, houve diferença significativa no conteúdo de água para a máxima densidade. O mesmo alterou-se de $0,249 \text{ g g}^{-1}$, no ponto de máxima compactação no ensaio

sem a presença de matéria orgânica livre, para $0,283 \text{ g g}^{-1}$ no ponto de máxima compactação, quando da presença da matéria orgânica livre.

Pereira et al. (2002) avaliaram as variações da resistência do solo à penetração, no cultivo mínimo, escarificação mais semeadura e plantio direto, em um Latossolo Roxo distrófico com textura argilosa, com os teores de água do solo de 33%, 37% e 39%, na cultura do milho. Determinaram a resistência do solo à penetração antes e imediatamente após o preparo do solo e após a colheita. Concluíram que tanto os teores de água do solo como os sistemas de cultivo revelaram efeito significativo na resistência do solo à penetração, após o preparo. O teor de água, de 33%, propiciou redução da resistência do solo à penetração, em ambos os sistemas, com maior redução no sistema de cultivo mínimo e os teores de 37% e 39% propiciaram aumento da resistência do solo nos dois sistemas de cultivo, com acréscimo maior no sistema de plantio direto.

Draghi et al. (2005) avaliaram por meio da resistência à penetração e da densidade aparente, a reação mecânica do solo ao trânsito de um trator Massey Ferguson 1175 2WD motor de 71 cv na semeadura direta e convencional, em solo típico argiloso, anteriormente cultivado em rotação com trigo e soja. A condição mecânica do solo trabalhado resultou significativamente diferente nas camadas superficiais. Na semeadura direta, encontraram valores de resistência à penetração maior que na semeadura convencional. Na semeadura direta, encontraram valores de densidade aparente limitantes para o normal desenvolvimento radicular à menor intensidade de tráfego e profundidade. À medida que aumentou a intensidade de tráfego, diminuiu a profundidade alcançando valores de resistência à penetração potencialmente determinante de detenção no crescimento radicular.

2.7 Importância do índice de uniformidade de distribuição de sementes na produtividade

Uma boa produção de grãos está relacionada com a precisão do espaçamento entre sementes e com a distância entre sulcos. Com isso, as plantas usam com mais eficiência os fertilizantes aplicados, a água contida no solo e a radiação solar. A densidade superficial das plantas e a distância correta entre sulcos são avaliadas por vários pesquisadores, que têm estudado o aumento da produtividade, com a variação do espaçamento entre sulcos.

Braunbeck (1971) utilizando uma semeadora pneumática Internacional Harvester 400 Cyclo, estudou os fatores que influenciaram o desempenho dessa semeadora na distribuição longitudinal das sementes no sulco. A variação e o aumento da pressão de ar foram os fatores mais importantes, influenciando na variação do tempo de transporte de sementes nas mangueiras e, conseqüentemente, a variação do tempo de deposição. O processo de transporte das sementes através da mangueira foi a principal fonte de variação na distribuição, paralelamente à liberação das sementes. Variou-se o comprimento da mangueira de 1 m para 2 m e, à medida que a pressão de ar aumentou, ocorreu uma alta velocidade de saída das sementes no tubo condutor e houve aumento da distribuição em 66% provocando um padrão de distribuição desuniforme das sementes nos sulcos de semeadura.

Leite (1973) verificou que a redução da distância entre linhas na cultura do milho, de 1,00 m para 0,75 m, provocou um aumento na produtividade de 8,4%. O efeito da distribuição do espaçamento entre linhas foi coincidente para os vários testes realizados com milho. O milho, com um espaçamento de 0,75 m entre linhas, apresentou um aumento da produtividade até a densidade de 91.000 plantas por hectare; abaixo de 0,75 m o milho apresentou deficiência no crescimento e formação, tendo como conseqüência a queda de produtividade. Para se obter uma boa produção de milho, é necessário que a radiação solar seja

suficiente, o que não ocorre quando se tem um elevado adensamento de plantas, pois isso resulta em grande competição pela absorção da radiação.

Jasa & Dickey (1982) afirmam que a uniformidade de semeadura pode ser afetada pelo tipo, pela textura, pelo teor de água e pela rugosidade superficial do solo, pelo tipo e pela quantidade de resíduos e pela quantidade de preparos antes dela realizada. Nos tratamentos por eles testados, o plantio direto mostrou comportamento igual, ou melhor, em termos de uniformidade de semeadura, do que o preparo convencional e outros conservacionistas, ressaltando a importância de ajustes na máquina em função de cada condição influenciadora.

Segundo Tourino (1986), a precisão na distribuição de sementes significa sua localização exata no sulco, segundo espaçamentos e quantidades regulares predeterminadas. Afirma, ainda, que a distribuição de sementes ao longo de uma fileira de semeadura, seja qual for o sistema adotado, bem como a exata colocação do adubo, são alguns aspectos dos mais importantes a serem considerados em relação às causas de baixas produtividades.

Segundo Kurachi et al. (1986) e Tourino et al. (2002), estudos apontam a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes como uma das características que mais contribuem para um estande adequado de plantas e, conseqüentemente, para a melhoria da produtividade da cultura.

Casão Júnior et al. (1997) afirmam que os problemas de desempenho de semeadoras-adubadoras de semeadura direta foram relacionados a solos com altos teores de argila. A alta resistência à penetração dos componentes rompedores nesses solos, associada a sua grande retenção de água, tem exigido constante adaptação das máquinas, especialmente na busca de soluções para problemas que afetam a uniformidade de emergência de plantas.

Dambrós (1998) concluiu que a uniformidade de distribuição de plantas foi reduzida com o aumento da velocidade na operação de semeadura e verificou que a semeadora-adubadora pneumática apresentou maior porcentual de

espaçamentos aceitáveis e menor coeficiente de variação na menor velocidade testada 5,0 km h⁻¹. O autor acrescentou às análises o parâmetro "precisão de semeadura", o qual foi baseado na variabilidade de plantas em cada linha, correspondendo ao coeficiente de variação entre os espaçamentos aceitáveis. Observou que a semeadora com dosador pneumático, na velocidade de 5,0 km h⁻¹, apresentou melhor precisão.

Bonnin Acosta (2000) avaliou, em condições de laboratório e de campo, semeadoras de covas para semeadura direta de milho, com diferentes configurações e mecanismos dosadores de sementes, considerando a variação de velocidade de 5,4; 7,2 e 9,0 km h⁻¹. Mediante análises de espaçamentos normais, múltiplos e falhos entre sementes, coeficiente de variação e precisão, o autor observou que, tanto em condições de laboratório como de campo, o desempenho quanto aos parâmetros estudados foi melhor para a semeadora de cova com dosador pneumático, na velocidade de 7,2 km h⁻¹.

Fey et al. (2000) 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.

Silva et al. (2000) conduziram um trabalho em solo com sistema de plantio direto por 12 anos, para verificar o estabelecimento da cultura do milho, semeado por uma semeadora-adubadora equipada com dosador de sementes do tipo disco horizontal perfurado, nas velocidades periféricas de 3,0; 6,0; 9,0 e 11,2 km h⁻¹ e profundidades de deposição de fertilizantes de 5 e 10 cm. Os autores concluíram que o número de plantas na linha de semeadura foi reduzido com o aumento da velocidade.

Mahl et al. (2001), avaliando três velocidades de deslocamento e dois mecanismos sulcadores em solo argiloso, concluíram que o aumento da velocidade de deslocamento na operação de semeadura de milho reduziu o

porcentual de espaçamentos aceitáveis e, conseqüentemente, aumentou o porcentual de espaçamentos múltiplos e falhos.

Mercante et al. (2005) avaliaram a uniformidade de distribuição de sementes de milho de duas semeadoras-adubadoras de precisão, S1-PSE 8/Semeato, S2-PST 2/Super Tatu em duas velocidades de deslocamento V1 5,2 e V2 8,4 km h⁻¹, respectivamente, conduzidas em um Latossolo Vermelho Distroférrico textura muito argilosa. Verificaram que o valor médio da força de tração na barra foi de 9,6 kN para S1 e 8,07 kN para S2, enquanto a patinagem foi de 5,83% e 4,26%, para S1 e S2, respectivamente. Os valores obtidos para o espaçamento entre sementes da semeadora S1 nas velocidades V1 e V2 foram 21,6 e 22,0 e, para a semeadora S2, 18,0 e 19,0 cm respectivamente, os quais não diferiram estatisticamente entre si. Verificou-se, entretanto, para as duas velocidades de deslocamento, tendência de aumento dos espaçamentos entre plantas, com o aumento da velocidade.

Tourino (1999), estudando o efeito do espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e outras características agrônômicas da soja, concluiu que os espaçamentos não influíram na produtividade, embora, no menor espaçamento, tenha-se observado maior efeito da densidade sobre essa característica. Com a redução da densidade e o aumento da uniformidade entre plantas, aumentou a eficiência de conversão de matéria seca para os grãos, resultando em maior produtividade com sementes de maior qualidade. A uniformidade entre plantas pode proporcionar aumento na produtividade da soja, portanto, semeadoras que ofereçam maior precisão na semeadura devem ser preferidas.

2.8 Avaliação do índice de velocidade de emergência de plantas no desempenho das semeadoras

Segundo Popinigis (1985), a determinação do índice de velocidade de emergência de plântulas, em condições de campo, conduzida na época normal de plantio da cultura, fornece uma estimativa da potencialidade das sementes em estabelecer uma população inicial na formação da cultura, auxiliando a avaliação do desempenho das semeadoras.

Portella et al. (1997), testando semeadoras em plantio direto, não encontraram diferenças significativas no índice de emergência de plantas de milho, em função dos elementos sulcadores e compactadores. Em solos com baixo teor de água, com elemento sulcador tipo facão, as sementes foram distribuídas com maior profundidade do que com discos duplos. Em solos mais úmidos, ocorreu o contrário, com problemas de embuchamento e aderência de solo ao facão.

Furlani et al. (1999b), comparando o preparo convencional, uma aração e duas gradagens, preparo reduzido escarificação e semeadura direta, num Latossolo Vermelho Escuro, não encontraram diferença estatística quanto ao número de plântulas de milho emergidas.

2.9 O problema dos danos mecânicos nas sementes na unidade dosadora

A parte mais importante de uma semeadora é a unidade dosadora de sementes, que é responsável pela captura individual das sementes, independente do nível de carga e variação geométrica, minimiza os danos mecânicos e reduz a captura de mais de uma semente por célula. O efeito dos danos mecânicos nas sementes causados pelos elementos dosadores, principalmente no que diz respeito à germinação, estão experimentalmente comprovados.

Moreira et al. (1978) analisaram os danos mecânicos provocados pelos dosadores de rotor horizontal em seis modelos de semeadoras, utilizaram

sementes de amendoim e levaram em consideração a velocidade de rotação dos discos e a altura das sementes nos reservatórios. Concluíram que a média de quebra de sementes de amendoim variou de 9% para 20%, com o aumento da velocidade de deslocamento da semeadora de 4,0 km h⁻¹ para 8,0 km h⁻¹. O ponto principal de quebra das sementes ocorria no lado da base do depósito de sementes e no lado inferior do disco dosador, onde a semente era cisalhada, ao permanecer presa entre a borda do orifício da base e o orifício do dosador, devido à insuficiência de tempo para a sua saída.

Razera (1979) mostra que a porcentagem de sementes quebradas pelos mecanismos dosadores, na cultura da soja, é influenciada pela velocidade de deslocamento da semeadora. A porcentagem de sementes quebradas aumentou em 13% quando a velocidade de deslocamento aumentou de 4,0 km h⁻¹ para 8,0 km h⁻¹. Esta quebra ocorre por causa do aumento da velocidade angular do disco dosador, causando maiores danos mecânicos nas sementes pelos choques, interferências e abrasões, contra o nivelador, nas bordas dos orifícios dos discos.

2.10 A influência da profundidade de semeadura na emergência de plantas

Costa et al. (1973) estudaram a semeadura de soja nas profundidades de 3, 6 e 9 cm e verificaram que a emergência e a altura das plântulas foram maiores na profundidade de 3 cm, decrescendo sucessivamente com o aumento da profundidade para 6 e para 9 cm, respectivamente.

Barni et al. (1981) estudaram os efeitos combinados da profundidade de semeadura, tamanho da semente de soja e densidade de semeadura sobre o estabelecimento da cultura. Concluíram que, em condições de déficit hídrico, a melhor profundidade de semeadura foi 7,5 cm, obtendo-se maiores velocidades de emergência, ressaltando apenas para a necessidade de acrescentar cerca de 20% a mais na densidade de semeadura.

Machul & Malysiar (1983), ao ensaiarem profundidades de semeadura de milho de 3, 5, 7 e 9 cm, observaram que apenas a última profundidade reduziu a emergência e a produtividade de grãos da cultura.

Segundo Silva et al. (1993), os sucessos no desenvolvimento de uma cultura, bem como sua produção, dependem, em parte, do ambiente do solo em torno da semente, na ocasião da semeadura. Os principais fatores físicos desse ambiente, temperatura, umidade e aeração, são diretamente influenciados pelas condições encontradas, pelo tipo de solo e pela profundidade de semeadura.

Portella et al. (1997) e Casão Júnior et al. (1998) afirmam que sulcadores do tipo facão possuem ângulo de ataque para facilitar sua penetração no solo, evitando a necessidade de transferência total de peso da máquina na penetração dos discos de corte dos resíduos e dos discos de distribuição das sementes no solo, facilitando um preparo localizado com uma profundidade estabilizada entre 8 a 15 cm de deposição do adubo.

Klein & Boller (1995) obtiveram uma produtividade de milho 30% maior no sistema plantio direto, quando a semeadora utilizava sulcadores do tipo facão, do que quando utilizava discos duplos.

2.11 A importância econômica do consumo de combustível

Mialhe (1974) afirma que o consumo de combustível dos tratores é difícil de ser avaliado com precisão, em virtude das condições variáveis de carga a que são submetidas as máquinas e implementos agrícolas, durante os trabalhos de campo.

Segundo Mialhe (1974), Silveira (1988) e Mialhe (1996), a mensuração da quantidade de combustível consumida é um dos mais importantes aspectos da avaliação econômica do rendimento de um motor. Esse consumo pode ser expresso de duas maneiras: em relação ao tempo (l/h; kg/h, etc.) e em relação ao trabalho mecânico desenvolvido (consumo específico = g/cv h; g/kW/h, etc.). O

consumo horário, geralmente, é obtido por leitura direta de instrumentos de mensuração e o consumo específico é uma medida de avaliação obtida pela equação:

$$CE \text{ (g/kW.h)} = \frac{\text{consumo horário (kg/h)} \times 1000}{\text{potência desenvolvida (kW)}}$$

Vaughan et al. (1977) estudaram o preparo reduzido, o preparo convencional e o plantio direto. Os resultados desse trabalho mostraram uma economia de 13 e 38 litros de óleo diesel por hectare para o preparo reduzido e o plantio direto, respectivamente, quando comparado com o sistema convencional.

Para Mesquita et al. (1982), o consumo de óleo diesel nos sistemas de produção convencional e grade pesada foi superior ao do sistema de plantio direto.

Smith (1983), usando um arado de aivecas, observou que pequenas mudanças na profundidade e na velocidade de operação afetavam significativamente o consumo de combustível.

Conforme Burt et al. (1983), o custo de combustível é um problema mundial na agricultura mecanizada e muitos esforços são feitos para desenvolver sistemas de cultivo que minimizem o uso de combustível na produção das culturas.

Hertz (1985) concluiu que a potência adequada de um trator, combinada a diversas máquinas e implementos agrícolas, pode acarretar uma redução de 20% no consumo de combustível, o que representa, para tratores de 60cv (44,9 kW) na tomada de força, o equivalente a 23.904 litros de combustível durante a sua vida útil (15 anos, 800 horas de uso por ano). Cita ainda este autor que o uso da marcha adequada para cargas abaixo de 65% da potência do trator pode gerar uma economia de 15% a 30% no consumo de combustível.

Hoogmoed & Derpsch (1985) citam que o arado de disco apresentou consumo de combustível de 25,7 L.ha⁻¹ e o escarificador 17,4 L.ha⁻¹ consumindo

sensivelmente menos. Os mesmos autores ainda mostram que o consumo de combustível no sistema de plantio direto foi de aproximadamente, 1/3 e as horas de trabalho de 1/4, em comparação ao preparo do solo pelo sistema convencional.

Gamero et al. (1986) citam que o consumo de combustível representa ao redor de 30% do custo hora de um trator agrícola. As participações percentuais das despesas com combustível no custo variável para as culturas de soja e milho foram de 2,5% e 2,1%, para o preparo convencional e 0,8% e 0,7%, para plantio direto, respectivamente. Os autores construíram um medidor de consumo volumétrico de combustível que fornece o valor do consumo de combustível em milímetros, necessitando fazer a conversão da leitura de nível da coluna num correspondente em volume. A montagem no trator foi feita interceptando-se os fluxos de combustível do tanque e do retorno, de maneira que o medidor, através da abertura e fechamento sincronizado das eletro-válvulas que substituíam os fluxos do tanque de combustível do trator pelo fluxo do medidor.

Cordeiro et al. (1988b), estudando, durante quatro anos, o consumo de combustível de diversos tratores na operação de semeadura e adubação, encontraram valores médios de consumo 82,4 kW e 8,5 litros por hora, num trator com potência no motor de 110cv.

Salvador (1992) avaliou, dentre outros aspectos, o consumo de combustível de diversos equipamentos e sistemas de preparo do solo, em um solo classificado como Terra Roxa Estruturada, Unidade Lajeado, no município de Botucatu, SP, realizando a operação de subsolagem antes ou depois do preparo periódico do solo. Quando o preparo periódico foi realizado antes da operação de subsolagem, constatou que o consumo de combustível foi de: 16,56 l/ha para aração com arado de discos, 21,71 l/ha para aração seguida por uma gradagem com grade leve, 16,41 l/ha para o preparo primário com grade pesada, 22,13 l/ha para grade pesada seguida por uma gradagem leve e para

escarificação 14,71 l/ha, tendo este valor sido significativamente menor que os demais.

Levien et al. (1999) obtiveram valores de 13,0; 12,9 e 12,3 litros por hora de óleo diesel para semeadura em solo classificado como Terra Roxa Estruturada, preparada pelo método convencional, reduzido (escarificação) e plantio direto, respectivamente.

Lopes et al. (2003) compararam o consumo de combustível de um trator agrícola operando com pneus (radial, diagonal e de baixa pressão) em duas condições de lastragem (com e sem água nos pneus) e quatro velocidades de deslocamento, em condição de preparo do solo com escarificador, utilizando um trator 4x2 com Tração Dianteira Auxiliar (TDA), com potência de 89 kW (121 cv) no motor. Os pneus foram do tipo R1, com as seguintes características: radial (dianteiros: 14.9 R 26; traseiros: 620/75 R 30) diagonal (dianteiros: 14.9-26, traseiros: 23.1-30) e BPAF (dianteiros: 500/60-26.5; traseiros: 700/55-34). Evidenciaram vantagens para o trator quando equipado com pneus radiais. A condição de lastragem com água nos pneus ofereceu menor consumo específico. Observaram também que o aumento da velocidade de deslocamento reduziu o consumo específico.

2.12 A influência da patinagem no desempenho dos tratores

Segundo Borgman et al. (1974), os valores de patinagem representam uma necessidade em adicionar ou retirar lastros ao trator. Os autores apresentam uma metodologia para esta estimativa e propõem a seguinte relação patinagem/lastro: 0% a 5%, remover lastro; 10% a 15%, lastro apropriado e 20 a 30%, adicionar lastro.

Bowers (1978) relacionou a patinagem com a condição do solo e recomenda: 10% a 15%, em solo firme; 12% a 20%, em solo cultivado; 14% a 16%, em solos soltos.

Segundo ASAE (1982), patinagem é um movimento relativo na direção do movimento entre o elemento que oferece a tração e a superfície durante o deslocamento.

A patinagem (S) pode ser calculada da seguinte forma:

$$S = 1 - \frac{VA}{VT}$$

em que,

VA = velocidade real de deslocamento, e

VT = velocidade teórica da roda motriz.

Segundo Dwyer & Heigho (1984), Hassan et al. (1987) e Wulfsohn et al. (1988), é comum, em condições de campo, o trator operar com patinagem de até 30%. Entretanto, a maior eficiência de tração ocorre em patinagem mais baixa. Especificamente para o estudo de coeficiente de tração, os autores utilizaram patinagem de 20%.

ASAE (1989) recomenda que, para operar a máxima eficiência de tração, a porcentagem de patinagem do rodado motriz deve ser: 8% a 10%, em solos não mobilizados, 11% a 13%, em solos mobilizados e 14% a 16%, em solos soltos ou arenosos.

Segundo Correia et al. (1995a), a patinagem expressa em porcentagem representa a perda de potência do motor por meio do rodado e esse fenômeno deve ser estudado, quantificado e reduzido, mas não totalmente eliminado. Os autores citam diversas formas de cálculo, bem como discutem a condição do zero de referência.

Quando o objetivo é avaliar o desempenho de tração dos tratores, um dos parâmetros utilizados é o movimento relativo do rodado motriz sobre a superfície que o suporta. Vários trabalhos citam o movimento do rodado com: deslizamento, patinamento, patinhagem, patinagem, etc. Corrêa et al. (1995a) recomendam que o termo mais adequado seja patinagem.

Corrêa et al. (1995b) apresentam sete metodologias de cálculo da patinação e Corrêa et al. (1998) comparam entre si os resultados dessas metodologias, que são: padrão ASAE, DEA, VALMET, INTA, DLG, ZOZ (1972) e IAM. Os dados obtidos demonstraram que os cinco primeiros métodos apresentam equivalência, entretanto, os demais, que se baseiam na velocidade de deslocamento, maximizam os valores de patinação. Como este é um importante parâmetro quando se pretende avaliar o desempenho de tratores, na interpretação dos resultados torna-se necessária uma atenção especial de como o mesmo foi obtido, evitando-se assim, incorrer em erros grosseiros.

2.13 A importância da potência e força de tração dos tratores

Chaplin et al. (1988) relataram que a semeadora de quatro linhas para plantio direto necessitou de 3,3 kN de força de tração, 7,5 kW (10 cv) de potência na barra, 6,6 L.ha⁻¹ de consumo de óleo diesel, 2,5 ha.h⁻¹ de capacidade de campo teórica e 3,0 kWh.ha⁻¹ de consumo de energia, enquanto que a semeadora operando em solo preparado utilizou 1,9 kN, 5,1 kW (6,8 cv), 6,8 L.h⁻¹, 2,9 ha.h⁻¹ e 1,7 kWh.ha⁻¹. Estes autores concluíram que o sistema plantio direto reduziu em 84% a energia demandada por área trabalhada (kW h ha⁻¹), em relação ao preparo convencional com aração utilizando arado de aivecas, nas operações de preparo do solo e de semeadura do milho. Afirmaram que o teor de água no solo, vegetação, resíduos e grau de compactação têm grande influência na exigência de força de tração e no desempenho da maquinaria no campo.

A partir da Segunda Grande Guerra Mundial, houve um grande avanço da engenharia, o que veio a contribuir para um incremento na potência dos tratores. Com isso os estudos têm se intensificado na busca de máquinas e sistemas mais eficientes de tração, como é o caso dos tratores com tração nas quatro rodas. De acordo com John Deere (1993), estes tratores desenvolvem maior capacidade de tração por unidade de peso porque a resistência ao

rolamento é reduzida no rodado dianteiro, todas as rodas são motrizes e todo o peso do trator é usado para fornecer tração. O estudo ainda cita que os referidos tratores, quando possuem os rodados de mesmo tamanho, tração 4X4, oferecem maior desempenho trativo. Entretanto, os tratores 4X2 com Tração Dianteira Auxiliar (TDA), oferecem desempenho superior em tração quando comparados com tratores 4x2 de mesma potência.

Boller et al. (1992b), em operação com semeadora-adubadora de precisão de quatro linhas, em solo argiloso, sob preparo reduzido, à velocidade de 6 km h^{-1} , verificaram que o esforço de tração exigido variou de 0,80 a 1,35 kN por linha. A utilização de discos de corte ou de complementos, com a finalidade de realizar um preparo localizado na superfície do solo, em uma faixa de 20 cm de largura à frente dos sulcadores discos duplos, aumentou a força de tração necessária em torno de 40%, em relação aos tratamentos em que eles não foram empregados.

Collins & Fowler (1996), em solo argiloso, obtiveram valores de força de tração de 0,2 e de 0,42 a 1,12 kN por linha, com semeadoras equipadas com sulcadores tipo discos duplos e facão, respectivamente. Também quantificaram que, com o aumento da velocidade de deslocamento de 6 para 10 km h^{-1} , a força de tração aumentou em 4%, para cada incremento de 1 km h^{-1} em 20%, para cada aumento de 1 cm na profundidade, independente do tipo de sulcador analisado. Os solos argilosos exigiram, em média, 24% mais esforço de tração com as semeadoras estudadas, do que os arenosos.

Fornstron & Becker (1997) e Chaplin et al. (1988) apresentaram resultados em que o preparo do solo com escarificador necessitou de 62% mais potência na barra do que o preparo convencional com arado de aivecas. Já o plantio direto resultou em 84% de economia quando comparado com o preparo convencional.

Schollosser & Dallmeyer (1998), Fontana et al. (1986) e Yanai et al. (1988) confirmam a vantagem de maior desempenho trativo nos tratores que apresentam tração no rodado dianteiro os últimos autores constataram que o acionamento do rodado dianteiro aumentou a força de tração máxima em 33,3% e o consumo de combustível aumentou em 13,9%.

Casão Júnior et al. (1998) obtiveram valores de 3,94 e 4,30 kN por linha de sementeira em solo Terra Roxa Estruturada e Latossolo Roxo, respectivamente, utilizando uma sementeira-adubadora de quatro linhas para milho, dotada de sulcadores tipo facão, em lavoura sob plantio direto, com 6.100 kg ha⁻¹ de resteva de soja. Verificaram que a força de tração exigida pela sementeira-adubadora testada aumentou em função da velocidade de deslocamento, profundidade de atuação do sulcador tipo facão e teor de água no solo, quando este passou da condição friável à plástica.

Marques (1999) quantificou um valor médio de força de tração de 2,12 kN por linha, com sementeira-adubadora de precisão, de quatro linhas, com sulcadores discos duplos, operando à uma velocidade de 4,2 km h⁻¹. Este autor não encontrou diferenças entre tratamentos sob preparo convencional e plantio direto, independente do manejo anterior da vegetação existente.

Levien et al. (1999) não constataram diferenças significativas entre o esforço de tração requerido na sementeira de milho, em solo argiloso, no preparado convencional por escarificação e sistema de plantio direto, empregando uma máquina de quatro linhas, dotada de sulcador para adubo tipo facão. Os valores variaram de 3,24 a 3,64 kN por linha de sementeira, independente do manejo da vegetação e dos resíduos culturais empregados no plantio direto. Os mesmos autores encontraram, ainda, que a necessidade de potência na barra de tração para a operação de sementeira foi de 19,9 (26,5); 21,4 (28,5) e 23,7 (31,6) kW (cv), respectivamente.

Silveira et al. (2003) avaliaram a força de tração de uma semeadora de fluxo contínuo com 14 linhas, operando em duas velocidades de deslocamento e duas profundidades de deposição de sementes, em um Latossolo Vermelho Distroférico, com declividade média de 0,03 m m⁻¹, na semeadura da aveia preta (*Avena strigosa L.*). Em sistema de plantio direto sob resteva de milho, verificaram que, com o aumento da profundidade de deposição de sementes de 1,97 cm para 2,68 cm, o requerimento de força de tração aumentou de 3,78 kN para 5,51 kN. O aumento da velocidade de deslocamento de 5,24 km h⁻¹ para 7,09 km h⁻¹ provocou acréscimo de 6,90% no requerimento de força de tração na barra.

2.14 A capacidade operacional e o desempenho dos tratores

Segundo Saad (1983), Cobo (1988) e Daniel (1990) para racionalizar as operações agrícolas mecanizadas, para se obter o máximo de rendimento útil, com o mínimo de dispêndio, é imprescindível a elaboração de um planejamento prévio, caracterizando as operações, determinando a área e tempo disponível, selecionando os conjuntos de máquinas e implementos agrícolas, com base nos parâmetros de desempenho operacional, controlando e coordenando a execução em função do solo, da cobertura vegetal, das condições climáticas e da cultura a ser implantada.

Balastreire (1987) afirma que a capacidade de campo efetiva é a razão entre o desempenho atual em um tempo dado e o tempo total de campo. A capacidade de campo teórica é obtida se o conjunto mecanizado trabalhar 100% do tempo em velocidade nominal, utilizando 100% de sua largura nominal. Como a eficiência de campo é uma relação entre as duas capacidades de campo, a efetiva e a teórica, pode-se concluir que todo fator que afetar a capacidade de campo efetiva irá afetar a eficiência de campo do conjunto considerado. A capacidade de campo efetiva é afetada pelos fatores largura nominal de trabalho,

porcentagem de largura de trabalho efetivamente utilizada, velocidade de deslocamento e tempos perdidos no campo durante a operação.

Segundo Canãvate (1989), Balastreire (1990) e American Society of Agricultural Engineers (1996b), a eficiência operacional de campo, para semeadoras tratorizadas, pode variar de 50% a 85%, dependendo da máquina, do tipo e umidade do solo, tipo, quantidade e forma de distribuição dos resíduos, formato da lavoura, embuchamentos, manobras, habilidade do tratorista e da sua autonomia. Geralmente, a eficiência operacional de campo das semeadoras de tração animal é mais baixa do que nas tratorizadas.

De acordo com Ribeiro (1997) e American Society of Agricultural Engineers (1996b), a capacidade operacional de campo de uma semeadora-adubadora é dependente do número de linhas e do espaçamento entre linhas adjacentes, da velocidade de deslocamento e da eficiência operacional de campo. A velocidade média de deslocamento de semeadoras tratorizadas pode variar de 4 a 10 km h⁻¹ e de 2,5 a 3,5 km h⁻¹ nas de tração animal. Nas de propulsão humana, é geralmente menor do que 3 km h⁻¹, dependendo do número de impactos m⁻¹.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Campo experimental

O trabalho foi conduzido no campo experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situado no município de Lavras, MG, com localização geográfica definida entre as coordenadas 21°15' latitude Sul e 44° 52' 30" longitude Oeste, altitude média de 918,8 metros, declividade média de 8% e exposição face Sul. E caracterizado climaticamente por temperatura média anual normal de 19,4°C e precipitação total anual normal de 1530 mm, concentrada, principalmente, no período de outubro a março (clima classificado como Cwa.). O solo foi classificado pelo Departamento de Solos da UFLA, como sendo Latossolo Vermelho Distroférrico típico argiloso (LVdf). A área vem sendo utilizada desde 2002/2003 com semeadura direta de milho e, em 2004, foi feita semeadura direta de feijão, Cultivar BRSMG Talismã, o qual foi semeado sobre a cobertura vegetal de resteva de milho e capim-colonião.

3.1.2 Máquinas e implementos

3.1.2.1 Trator

Foi utilizado o trator Valtra 900L 4 x 2 tração TDA, motor Valmet diesel de ejeção direta de 4 tempos, 4 cilindros, potência de 90 CV, a 2270 rpm.

3.1.2.2 Pulverizador

Foi utilizado um pulverizador de barras com 20 bicos, espaçado de 0,50 m marca Jacto.

3.1.2.3 Semeadora 1

Semeadora-adubadora de precisão SEMEATO SHM 11/13 com 4 linhas espaçadas de 70 cm, com disco liso de corte de palha e sulcador tipo haste (guilhotina) para fertilizantes e sulcadores de discos duplos defasados para sementes, mecanismo dosador do tipo discos horizontais com furos, rodas reguladoras de profundidade na parte posterior e rodas compactadoras em “V” (Figura 1).



FIGURA 1. Semeadora 1 em operação de semeadura e detalhes de seus mecanismos.

3.1.2.4 Semeadora 2

Semeadora-adubadora de precisão John Deere RT 907 VacuMeter™ com 4 linhas espaçadas de 70 cm, disco duplo defasado para corte de palha e sulco de fertilizante, disco duplo defasado para sementes, mecanismo dosador pneumático a vácuo, rodas reguladoras de profundidade laterais aos discos duplos de sementes, rodas de compactação em “V” (Figura 2).



FIGURA 2. Semeadora 2 em operação de semeadura e detalhes de seus mecanismos.

3.1.2.5 Semeadora 3

Semeadora-adubadora de precisão John Deere RT 907 VacuMeter™ com 4 linhas espaçadas de 70 cm, disco de corte de palha liso e sulcador do tipo haste para sulco de fertilizante, disco duplo defasado para sementes, mecanismo dosador pneumático a vácuo, rodas reguladoras de profundidade laterais aos discos duplos de sementes e rodas de compactação em “V” (Figura 3).



FIGURA 3. Semeadora 3 em operação de semeadura e detalhes de seus mecanismos.

3.1.3 Equipamentos e Acessórios

3.1.3.1 Sistema de medidas topográficas

3.1.3.1.1 Estação total

Foi utilizada uma estação total marca Leica TC 600, precisão de 5", que permite a introdução de dados alfanuméricos, medição de 1.100m com 1 prisma, memória de 2.000 pontos ou 4.000 pontos de coordenadas, compensador nos dois eixos, prumo ótico e transferência de dados ASCII através de formatos programáveis.

3.1.3.1.2 Outros

Foi utilizado um bastão topográfico com prisma de reflexão marca Leica, nove balizas em cor vermelha e branca.

3.1.3.2 Sistema de medidas de compactação e umidade

3.1.3.2.1 Penetrômetro

Foi utilizado um penetrômetro manual de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR-STOLF.

3.1.3.2.2 Estufa

Foi utilizada uma estufa elétrica marca: FANEM modelo: 315/7, série: YX 588, tensão: 220 V AC, potencia: 2500 Watts.

3.1.3.2.3 Balança

Foi utilizada uma balança analítica eletrônica digital de precisão marca: HEXASYSTENS, modelo: HEXA 2104, série: n.º 070108, Max: 210g, Min: 0,1mg, e: 0,01g/0,1g.

3.1.3.2.4 Outros

Foram utilizadas 81 cápsulas de alumínio, duas réguas com graduação em cm, uma trena de 50 m e um cavador articulado.

3.1.3.3 Sistema para aquisição e processamento de dados

3.1.3.3.1 Data logger

Foi utilizado um Micrologger marca Campbell Scientific, Inc., modelo CR 23x, série n.º 2, bateria com sistema de recarga, entrada de 17 - 28V DC ou 18V RMC AC Logan, UT. made in USA (Figura 4).



FIGURA 4. Sistema de aquisição de dados (micrologger)

3.1.3.3.2 Mini-Gravador repórter V-Sensor

Foi utilizado um mini-gravador para reportagem com sensor de gravação por voz com fones e microfone multimídia marca AIWA modelo CASSETTE RECORDER n.º TP – VS 520, alimentação de 3V DC (bateria 1,5V X 2) IEC-JIS R6 SIZE AA made in CHINA (Figura 5).

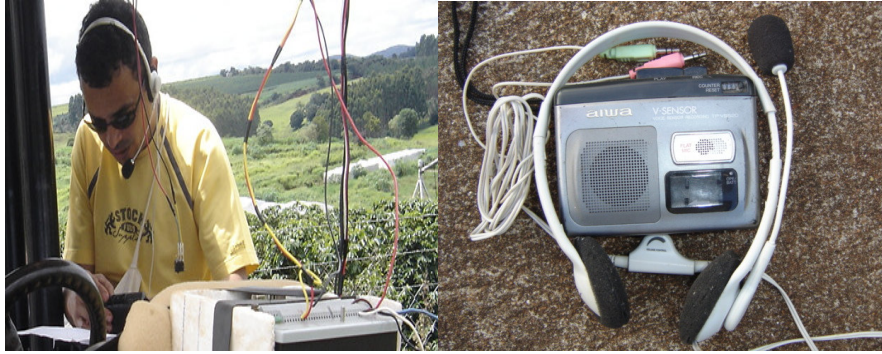


FIGURA 5. Mini-gravador

3.1.3.3.3 Câmara Digital

Foi utilizada uma câmara fotográfica digital COOLPIX 885 marca Sony, modelo Cyber-shot 5.1 Mega pixels MPEGMOVIE VX SMART ZOOM, série DCS – P93.

3.1.3.3.4 Computador

Foi utilizado um computador pessoal PC Processador Pentium III, 750 MB, HD 80 GB, com programa Windows XP servem pec III, programas Excel, Word, auto CAD 2004, SISVAR, penetron etc.

3.1.3.3.5 Softwares

- PC208W 3.2 (Campbell Scientific, Inc).
- Planilhas MS Excel 2003.
- Processador de textos MS Word 2003.
- Programa estatístico Sisvar versão 4.6 (Build 60) DEX/UFLA.
- Programa PENETRON versão 2.0 (1991) DCS/UFLA.
- Programa Posição e auto CAD 2004.

3.1.3.4 Sistema de transformação de energia

3.1.3.4.1 Reversor de tensão elétrica

Foi utilizado um mini-inversor de tensão marca Road Eagle modelo power inverter, série: MP – 140RJ, Input 12 v DC Output 110 v A.C 140 W contínuos com potência máxima de 300 W.

3.1.3.5 Sistema medição de consumo de combustível

3.1.3.5.1 Fluxômetro eletromecânico

Foi utilizado um fluxômetro aplicável para medir o fluxo de consumo de combustível em máquinas marca FLOWMATE OVAL M – III, modelo LSN41, série n.º 6032 made in Japan (Figura 6).

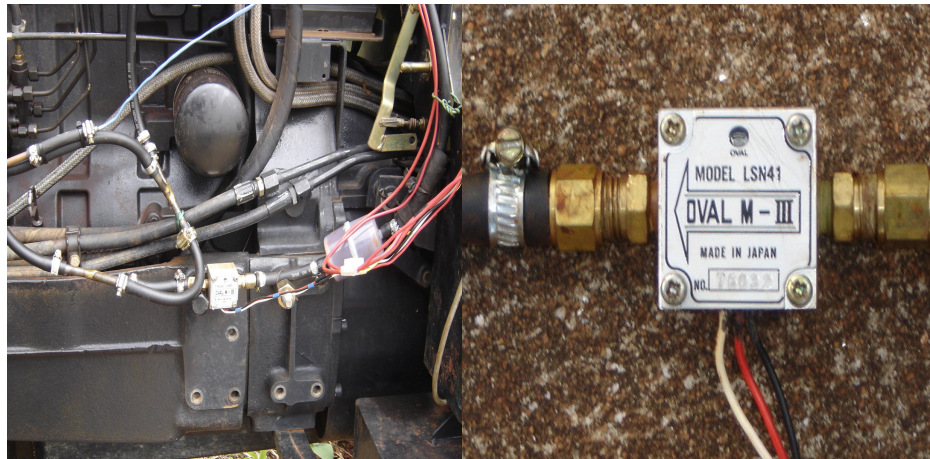


FIGURA 6. Fluxômetro eletromecânico.

3.1.3.5.2 Processador de fluxo digital

Foi utilizado um sistema que registra os fluxos de consumo medidos no fluxômetro mostrando, em tempo real, em display digital o fluxo total e

cumulativo em litros/segundo, litros/minuto, litros/hora, para serem enviados ao sistema de aquisição de dados micrologger, modelo ELO 122 - 332111 série n.º TL8658 MF 1mL/P F.S 100L/P 110/115V AC saída de 4 – 20mA made in Japan (Figura 10).

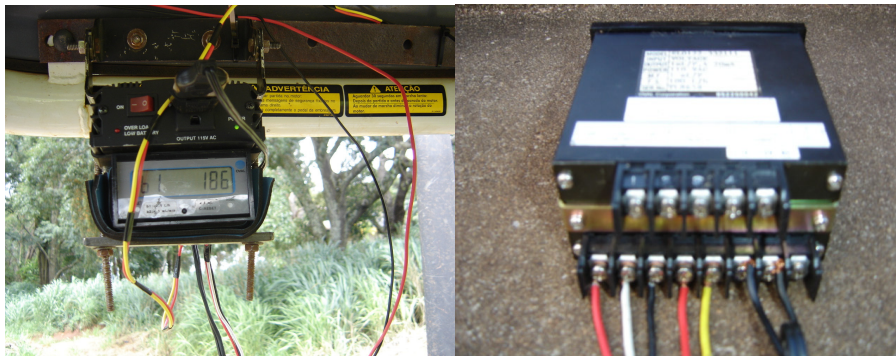


FIGURA 7. Processador de fluxo digital frente e verso.

3.1.3.5.3 Termopar

Foi utilizado um termopar de cobre Constantan

3.1.3.6 Sistema de medida de força de tração

3.1.3.6.1 Célula de carga

Foi utilizada uma célula de carga cap. 5 t f marca KYOWA modelo LDAD CELL tipo LU 5 TE série n.º CA 3125 made in Japan (Figura 8).



FIGURA 8. Célula de carga acoplando trator-semeadora.

3.1.3.7 Sistemas de aferição instrumental

3.1.3.7.1 Máquinas de ensaio universal

Foi utilizada uma máquina de ensaio universal marca EMIC modelo DL 30.000 capacidade máxima de 30 t. softwer tesc versão 1.08, made in Brasil (Figura 9).



FIGURA 9. Máquina de ensaio universal aferindo célula de carga.

3.1.3.7.2 Multímetro

Foi utilizado um multímetro digital marca CE, modelo DT 830B, DC voltagem, 2 – 20 – 200 – 1.000 V, 200mV, acurácia +/- (0,5% rdg + 2dgts); AC voltagem, 200 – 750V, acurácia +/- (1,2% rdg + 5dgts); DC corrente, 2 – 20 – 200mA, 10A, 200 μ A, acurácia +/- (1% rdg + 2dgts); resistência, 2 -20 – 200K Ω , 2M Ω , 200 Ω , acurácia +/- (1% rdg + 2dgts).

3.1.3.8 Elementos de semeadura

3.1.3.8.1 Semente

A semente utilizada foi a cultivar GNZ 2005 hibrido triplo modificado, grãos do tipo semi-duro alaranjado, ciclo precoce, florescimento 55-60 dias, plantio de verão e safrinha, resistente ao acamamento, densidade: safra 55.000 a 60.000 plantas; safrinha 50.000 a 55.000 plantas.

3.1.3.8.2 Discos de sementes

Os discos utilizados foram: na semeadora 1, nº 03 AGROPLAST com 28 furos, encontrados no comércio local. Nas semeadoras 2 e 3, nº A 50617 PVC rígido Standard com 30 furos (Figura 10).



FIGURA 14. Disco da semeadora S1 à esquerda e das semeadoras S2 e S3 à direita (frente e verso).

3.1.3.8.3 Tubos condutores e coletores de sementes

Utilizaram-se os tubos que acompanham as semeadoras S1, S2 e S3 (figura 15).



FIGURA 15. Tubos condutores e coletores de sementes: à esquerda S1; à S2 e S3.

3.2 Métodos

3.2.1 Levantamento planialtimétrico georreferenciado

O levantamento topográfico planialtimétrico georreferenciado foi fundamental na avaliação das dimensões da área experimental. Elaborou-se um croqui esboço, com objetivo de determinar as dimensões das parcelas e subparcelas, os pontos de coleta de amostras de solo para análises físico-químicas e os pontos de perfurações para as análises de resistência a penetração e umidade do solo (Figura 16).

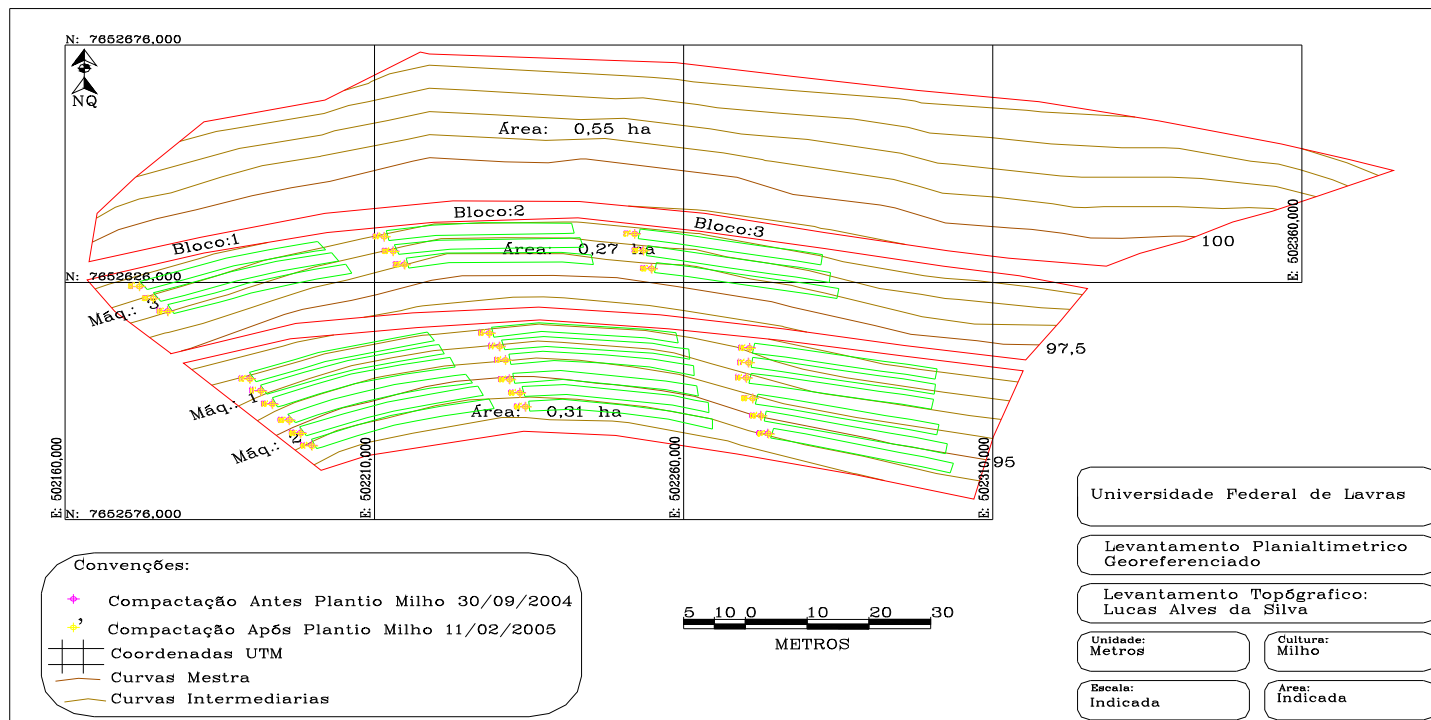


FIGURA 16 Levantamento planialtimétrico georeferenciado da área experimental, disposições das semeadoras 1, 2, 3, blocos em parcelas subdivididas e respectivos pontos de testes de compactação e umidade do solo.

3.2.2 Análises químicas e físicas do solo

O conhecimento da disponibilidade, da quantidade de nutrientes e de elementos tóxicos, por meio da análise química e física do solo, é essencial, para o diagnóstico e para o eficiente manejo da fertilidade solo.

Procedeu-se a coleta de solos para as análises físico-químicas e, logo após, a eliminação de cupinzeiros e formigueiros na área por meio de iscas mirex. A cobertura vegetal foi dessecada com herbicida à base de glyphosate. As análises de solo foram realizadas pelo Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras, MG. Os resultados são apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3.

TABELA 1. Resultados de análises químicas de macronutrientes do solo na área experimental coletadas em três anos. UFLA, Lavras, MG, 2002/2003/2004.

Ano	Referência	pH	mg.dm ³				cmolc/dm ³		
		H ² O	P	K	Na	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	H+Al
2002	Milho 1	7,1	3,7	94	-	4,8	0,3	0,0	1,5
	Milho 2	5,4	3,4	70	-	1,8	0,6	0,1	3,6
	Milho 3	5,9	4	86	-	2,9	1,0	0,0	2,9
2003	Cultivo Convencional	6,6	10,0	128	-	5,8	0,9	0,0	1,3
	Plantio Direto	6,1	6,2	72	-	2,8	0,6	0,0	2,9
	Cultivo Mínimo	6,1	5,8	122	-	3,2	0,8	0,0	2,6
	Cultivo II B	5,7	4,9	64	-	2,2	0,6	0,0	3,6
2004	Semeadora 1	6,0	6,5	76	-	3,0	1,0	0,0	2,3
	Semeadora 2	6,0	8,5	117	-	3,0	1,0	0,0	2,3
	Semeadora 3	6,1	15	136	-	3,1	1,4	0,0	2,3

pH em água, KCl e CaCl₂ – Relação 1:2,5

P – K – Na – Extrator Mehlich 1

Ca – Mg – Al – Extrator: KCl 1N

H+Al – Extrator: SMP

TABELA 2. Resultados de análises químicas de micronutrientes do solo na área experimental coletadas em três anos. UFLA, Lavras, MG, 2002/2003/2004⁽¹⁾.

Referência	Cmolc/dm ³			%	Mg/L	Dag/kg	Mg/l	mg/dm ³					
	SB	(t)	(T)	V	m	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
Milho 1	5,3	5,3	6,8	78,1	0,0	-	4,3	-	-	-	-	-	-
Milho 2	2,6	2,7	6,2	41,7	4,0	-	4,7	-	-	-	-	-	-
Milho 3	4,1	4,1	7,0	58,7	0,0	-	5,6	-	-	-	-	-	-
Plantio Convencional	7,0	7,0	8,3	84,4	0,0	3,1	7,0	10,1	-	-	-	0,3	-
Plantio Direto	3,6	3,6	6,5	55,2	0,0	2,9	7,0	8,6	-	-	-	0,2	-
Cultivo Mínimo	4,3	4,3	6,9	62,4	0,0	3,1	7,5	8,2	-	-	-	0,3	-
Cultivo II B	3,0	3,0	6,6	45,1	0,0	3,1	5,8	4,3	-	-	-	0,2	-
Semeadora 1	4,2	4,2	6,5	64,6	0,0	3,7	6,3	3,9	39,5	23,4	6,3	0,2	24,8
Semeadora 2	4,3	4,3	6,6	65,2	0,0	3,6	6,3	6,4	41,6	69,0	6,2	0,3	18,9
Semeadora 3	4,9	4,9	7,2	67,8	0,0	4,0	6,5	4,5	32,9	50,4	5,1	0,3	11,8

⁽¹⁾ Matéria Orgânica (MO) – Oxidação: $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 4N + H_2SO_4
 CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0
 S – Extrator-Fosfato monocálcico em ácido acético
 CTC (t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva

m = Índice de Saturação de Alumínio
 ISNA = Índice de Saturação de Sódio
 V = Índice de Saturação de Bases

P-ren = Fósforo Remanescente
 B – Extrator água quente
 SB – Soma de Bases Trocáveis

TABELA 3. Resultados de análises granulométricas.

Ano	Referência	dag/kg			Classe Textural
		Areia	Silte	Argila	
2002	Milho 1	14	31	55	Argilosa
	Milho 2	10	27	63	Muito argilosa
	Milho 3	14	33	53	Argilosa
2003	Cultivo Convencional	13	29	58	Argilosa
	Plantio Direto	11	25	64	Muito argilosa
	Cultivo Mínimo	15	30	55	Argilosa
	Cultivo II B	13	32	55	Argilosa
2004	Semeadora 1	12	24	64	Muito argilosa
	Semeadora 2	11	23	66	Muito argilosa
	Semeadora 3	15	28	57	Argilosa

3.2.3 Delineamento experimental

O experimento foi constituído de 27 subparcelas, formadas por tratamentos compostos de três semeadoras, três velocidades de deslocamento e três repetições.

As velocidades utilizadas foram de 1,38, 1,8 e 2,22 m.s⁻¹. Ambas as semeadoras foram reguladas para uma densidade meta de 6 plantas m⁻¹.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições e os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas. Nas parcelas foram dispostas as semeadoras e, nas subparcelas, as velocidades. Cada subparcela com dimensões de 30m x 2,10m, foi constituída por quatro linhas espaçadas de 70 cm, sendo as duas linhas externas consideradas como bordadura e as duas linhas internas consideradas como área útil. Foram avaliadas a profundidade de semeadura, a emergência e a uniformidade do espaçamento entre plantas, duplos, aceitáveis, falhas, germinação e danos mecânicos.

A disposição dos tratamentos com respectivas parcelas e repetições, pode ser observada pelas vistas área e terrestres na (Figura 17).

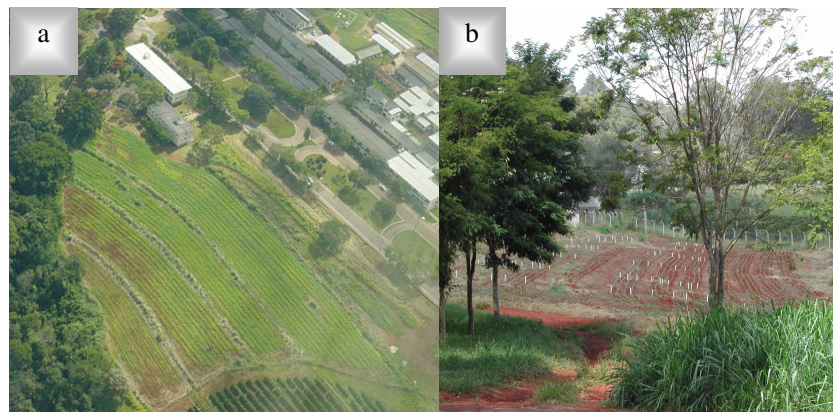


FIGURA 17. Vistas da área experimental: a) área, b) terrestre

3.2.4 Resistência à penetração, umidade e biomassa do solo.

A quantidade de massa seca na superfície do solo foi coletada 30 dias após a colheita da cultura anterior de milho e feijão capim colômbio e 11 dias após a aplicação de herbicida e a eliminação de formigueiros na área. Foram realizadas as coletas de amostras em cada parcela utilizando-se um quadro de ferro nas dimensões de 0,50 X 0,50m (0,25m² de área), tesoura de poda, sacos de plástico, bandejas, estufa elétrica e balança de precisão. As amostras foram secas, até atingir massa constante, em estufa regulada para 65°C. Após a secagem, os valores foram transformados em kg/ha (Figura 18).

Determinou-se a resistência à penetração vertical em 27 pontos georreferenciados, perfurando-se com um penetrômetro de impacto manual, modelo IAA/PLANALSUCAR-STOLF (Figura 5), segundo método de Stolf et al. (1983). Nos perfis de solo de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade.

As perfurações foram feitas antes, no dia e após a semeadura. Foram coletadas amostras de solo em cada perfil. A umidade foi determinada pelo método gravimétrico padrão, colocando-se o solo para secagem até a massa constante, em estufa elétrica regulada à temperatura de 105°C. Para calcular o teor de água no solo, utilizou-se a Equação 1.

$$U = \frac{(UM - MS)}{MS - Ta} * 100 \dots\dots\dots(1)$$

em que:

U = teor de água no solo (%);

UM = massa úmida (g);

MS = massa seca (g).

Ta = tara.

Todas as medidas foram gravadas em fitas cassete, por meio de um microfone acoplado a um gravador portátil de bolso, as operações de campo foram fotografadas e filmadas, logo após ouvidas e assistidas, e os dados

digitados, sendo que alguns foram transformados, e submetidos a análise estatísticas.

As medidas de penetração foram analisadas por meio do programa computacional Impact Penetrometer Stolf Model Version 2.0 (1991) que forneceu os resultados em kgf/cm^2 , que foram transformados em unidades MPa por meio da multiplicação pela constante 0,098.



FIGURA 18. Coleta de biomassa

3.2.5 Semente

A semente foi escolhida dentre as variedades encontradas no mercado local: AG 1051, AG 2060, GNZ 2728 e GNZ 2005. A que mais se adequou aos furos dos discos da semeadora S1 foi a GNZ 2005, que preencheu adequadamente os furos com folgas mínimas suficientes para o não preenchimento de um furo por duas sementes ao mesmo tempo (Figura 19). Foi misturada grafite em pó às sementes para facilitar a movimentação e diminuir os atritos no depósito nos furos dos discos e nos tubos condutores de sementes.



FIGURA 19. Seleção da semente nos furos do disco horizontal

3.2.6 Quantidade de sementes por metro linear

A quantidade de sementes m^{-1} em linha de plantio foi calculada segundo os dados da Tabela 4 e das Equações 2, 3, 4 e 5.

TABELA 4. Percentuais de pureza, germinação, deslizamento e danos mecânicos considerados nos cálculos da quantidade de plantas. m^{-1} nas semeadoras S1, S2 e S3.

Parâmetros	Semeadora S1	Semeadoras S2 e S3
Germinação	80%	80%
Pureza	98%	98%
Dano mecânico	5%	0%
Deslizamento	5%	10%

$$N^{\circ} \text{plantas } m^{-1} = \frac{\text{Es tan de X Espaçamento entre linhas}}{10000m} \dots\dots\dots(2)$$

$$N^{\circ} \text{plantas } m^{-1} = \frac{60000 \text{ Plantas } \times 0,70m}{10000m} = 4,2 \dots\dots\dots(3)$$

$$(S1) N^{\circ}Sem\ m^{-1} = \frac{N^{\circ}plantas\ m^{-1}}{GxPxDMxD} = \frac{4.2}{0,80x0,98x0,95x0,95} = 5,9 \dots (4)$$

$$(S2\ e\ S3) N^{\circ}Sem\ m^{-1} = \frac{N^{\circ}plantas\ m^{-1}}{GxPxDMxD} = \frac{4.2}{0,80x0,98x0,90} = 5,9 \dots (5)$$

3.2.7 Índice de velocidade de emergência

A determinação do índice de velocidade de emergência foi realizada por meio da contagem diária das plântulas emergidas em um metro, nas duas linhas centrais das subparcelas, iniciando-se logo após a emergência da primeira plântula que ocorreu cinco dias após a semeadura, estendendo-se até o décimo quarto dia, quando cessou a emergência.

O número de plântulas emergidas nos dias após a semeadura e o índice de velocidade de emergência das plântulas foi analisado seguindo classificação adaptada de Popinigis (1985).

Todas as medidas foram gravadas e registradas, nas mesmas formas que as já citadas no item 3.2.4.

3.2.8 Índices de uniformidade de semeadura

Os espaçamentos entre plantas (X_i) foram medidos com uma trena de 50 m esticada rente ao solo e as plantas nas duas linhas centrais de semeadura, medindo-se 250 plantas consecutivas, após o décimo quarto dia da semeadura e foram analisados, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994) para a avaliação de espaçamentos entre sementes, determinando-se o percentual de espaçamentos correspondentes às classes: aceitáveis ($0,5X_{ref} \leq X_i < 1,5 X_{ref}$), duplos ($X_i < 0,5 X_{ref}$) e falhos ($X_i \geq 1,5 X_{ref}$), em que X_{ref} é o espaçamento de referência. No experimento, X_{ref} foi de 8,33 cm para as três semeadoras. Dessa forma, os espaçamentos entre plantas foram classificados como aceitáveis ($4,17cm \leq X_i < 12,50cm$), duplos ($X_i < 4,17cm$) e falhos ($X_i \geq 12,50cm$).

Todas as medidas foram gravadas e registradas, nas mesmas formas que as já citadas no item 3.2.4.

3.2.9 Profundidade de sementeira

Os dados de profundidade de sementeira foram medidos logo após o plantio, em um metro nas duas linhas centrais de sementeira. Utilizou-se para isto, uma régua com graduação em centímetros (Figura 20).

Todas as medidas foram gravadas e registradas, nas mesmas formas que as já citadas no item 3.2.4.



FIGURA 20. Medida da profundidade de sementeira

3.2.10 Germinação e danos mecânicos

Foram coletadas 200 sementes para testemunha e 400 para as demais análises de sementeiras e velocidades, parcelas e subparcelas, num total de 28 amostras. A coleta da testemunha foi feita diretamente no saco de sementes e, das demais, foram feitas em área de teste ao lado da área já semeada, simulando-se as sementeiras.

Os tubos de distribuição de sementes das duas linhas centrais das semeadoras foram vedados com fita crepe e marcados em suas partes médias para a coleta de 200 sementes de cada um deles (Figura 15). As sementes foram misturadas somando-se um total de 400 sementes, embaladas e registradas com as denominações das semeadoras, velocidades e repetições. Os testes foram feitos no Laboratório de Análise de Sementes da UFLA.

Os testes de germinação foram feitos com quatro repetições de cinquenta sementes em cada tratamento e os resultados foram submetidos à análise estatística. Os testes de danos mecânicos foram feitos com duas repetições de cem sementes em cada tratamento. Os resultados foram transformados pela raiz quadrada de Y para a realização das análises estatísticas e, para a apresentação nas tabelas, foram apresentados na forma original.

3.2.11 Regulagens das semeadoras

3.2.11.1 Regulagens da semeadora 1

3.2.11.1.1 Dosagem de adubo

A dosagem de adubo foi obtida segundo a análise de solo (Tabelas 1, 2 e 3) e por meio das Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação, da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Não foi necessária a aplicação de calcário, pois, os níveis de Ca e Mg estavam bons e o índice de saturação de bases estava maior que 60%. A recomendação foi calculada em 285 kg.ha^{-1} da formulação NPK (8-28-16) que, para um espaçamento entre linhas de semeadura de 0,70m, resultou em 200g.m^{-1} com margem de erro de +/-10%.

A semeadora foi aferida no galpão, considerando o perímetro da roda motora de 2,3091m, calibrada com 60 libras conforme a tabela de recomendações do fabricante. Com a quantidade conhecida de adubo de 200g.m^{-1} , utilizando-se regra de três, obteve-se a quantidade de adubo que deveria cair em cinco voltas da roda motora e por meio de cálculos das relações de transmissão, efetuaram-se as trocas de engrenagens que

atendessem à condição. Procedeu-se, então aos ajustes e, logo após, o teste de campo.

3.2.11.1.2 Dosagem de sementes

A dosagem de sementes nesta semeadora foi obtida levando-se em consideração os seguintes parâmetros: número de plantas por metro desejado de 6 plantas.m⁻¹, percentual de germinação da semente 80%, percentual de pureza da semente 98%, danos mecânicos 5%, deslizamento das rodas motoras da semeadora de 5%.

A máquina foi aferida no galpão, levando em consideração o perímetro da roda motora de 2,3091m, calibrada com 60 libras, conforme a tabela de recomendações do fabricante.

Com a meta conhecida de 6 plantas m⁻¹, utilizando-se de regra de três, obteve-se a quantidade de sementes que deveria cair em cinco voltas da roda motora da semeadora e, por meio de cálculos das relações de transmissão, efetuaram-se as trocas de engrenagens que atendessem à condição. Procedeu-se, então aos ajustes e, logo após ao teste de campo.

3.2.11.1.3 Escolha dos discos de sementes

Com o objetivo de igualar os discos da semeadora S1 com os das semeadoras S2 e S3, substituíram-se os discos da semeadora S1, que eram de ferro e poderiam causar maiores danos mecânicos, por discos de plástico PVC encontrados no mercado local, com 28 furos, o mais próximo do número de furos dos discos das semeadoras S2 e S3 (Figura 14).

3.2.11.2 Regulagens das semeadoras S2 e S3

3.2.11.2.1 Dosagem de adubo

A dosagem de adubo e as recomendações foram as mesmas obtidas e calculadas anteriormente para a semeadora 1. As semeadoras foram aferidas no galpão considerando o perímetro da roda motora de 2,47m, calibrada com 56 libras, conforme a tabela de recomendações do fabricante. A quantidade

de adubo, as voltas na roda motora, os cálculos, as trocas de engrenagens, os ajustes e o teste de campo foram os mesmos feitos na semeadora 1. A única diferença foi a substituição do diâmetro da roda motora nos cálculos e calibração das mesmas.

3.2.11.2.2 Dosagem de sementes

A dosagem de sementes nestas semeadoras foi obtida levando-se em consideração os seguintes parâmetros: número de plantas por metro desejado de 6 sementes m^{-1} , percentual de germinação da semente 80%, percentual de pureza da semente 98%, danos mecânicos (zero) e deslizamento das rodas motoras das semeadoras de 10%. As máquinas foram aferidas no galpão levando-se em consideração o perímetro da roda motora de 2,47m, calibrada com 56 libras, conforme a tabela de recomendações do fabricante.

A meta de distribuição de plantas m^{-1} , as voltas na roda motora, os cálculos, as trocas de engrenagens, os ajustes e o teste de campo foram os mesmos feitos na semeadora 1. A única diferença foi a substituição do diâmetro da roda motora nos cálculos e calibração das mesmas.

3.2.11.2.3 Escolha dos discos de sementes

A escolha dos discos de sementes foi feita em função do número de sementes em 100g, que foi igual a 255 sementes. Com esse valor, entrou-se na tabela de recomendação do fabricante das semeadoras que recomenda o disco A 50617 Standard com 30 furos para atender à condição entre 198 a 440 sementes de milho pesando 100g (Figura 14).

3.2.11.2.4 Pressão de vácuo - meter

A determinação da pressão de vácuo foi em função do número de sementes em 1 kg, que foi igual a 2.550 sementes. Com este valor, entrou-se na tabela de recomendação do fabricante das máquinas que recomenda a pressão de 11 pol. de H_2O (Figura 21).



FIGURA 21. Vacuômetro das semeadoras 2 e 3 mostrando a pressão de vácuo em operação de semeadura.

3.2.12 Instrumentação

3.2.12.1 Funcionamento do sistema de aquisição de dados

Todos os instrumentos eletro-eletrônicos foram instalados no trator. O funcionamento instrumental, as regulagens e as aferições foram executados por meio de testes de campo dos conjuntos trator-semeadoras.

3.2.12.2 Índice de patinação (%)

A determinação do índice de patinação foi feita utilizando-se a relação entre o tempo médio (s) registrado com carga e o tempo médio registrado sem carga para cada situação pesquisada. Os tempos com carga e sem carga foram obtidos pelo micrologger e também por cronômetro digital, obedecendo às mesmas condições de marcha e rotação do motor. Dessa forma, o índice de patinação foi calculado de acordo com a Equação 6.

$$P = \left(1 - \frac{T_{sc}}{T_{cc}} \right) \dots\dots\dots (6)$$

em que:

P = índice de patinação (%);

Tsc = tempo médio gasto para percorrer o comprimento da parcela sem carga, em s;

Tcc = tempo médio gasto para percorrer o comprimento da parcela com carga, em s.

3.2.12.3 Força média na barra de tração (kN)

A força média na barra de tração foi determinada utilizando-se uma célula de carga colocada entre a barra de tração do trator e o cabeçalho das semeadoras-adubadoras (Figura 11). Esta célula de carga foi interligada ao sistema de aquisição de dados (micrologger) que recebeu sinais em mV registrou e armazenou os dados. O dados armazenados em mV foram posteriormente, transformados para kN, utilizando uma curva de calibração (Figura 22). A célula de carga foi calibrada no Laboratório de Tecnologia de Madeira do Departamento de Ciências Florestais da UFLA, em uma máquina de ensaio universal (Figura 12).

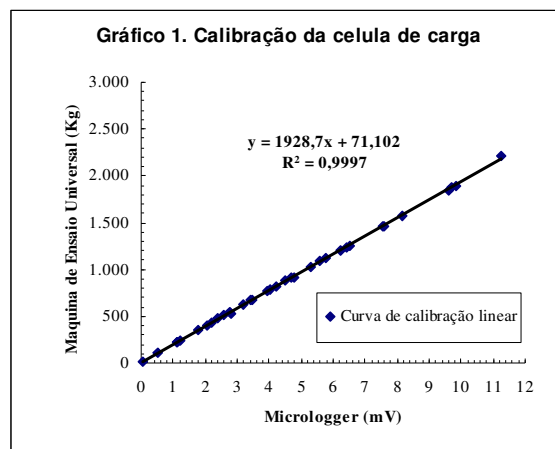


FIGURA 22. Calibração da célula de carga.

3.2.12.4 Potência média na barra de tração por mecanismo de semeadura (cv/hast)

Para a determinação deste parâmetro, foi calculada a potência média na barra de tração para todas as situações pesquisadas, dividindo-se pelo número de mecanismos de semeadura utilizado nas semeadoras que, neste caso, foram em número de quatro mecanismos de semeadura para todas as semeadoras. Assim, a potência média na barra de tração por mecanismo de semeadura é expressa pela (Equação 7).

$$P = \frac{P_B}{4} \dots\dots\dots(7)$$

Em que:

P = potência média na barra de tração por mecanismo de semeadura (cv);

P_B = potência média calculada na barra de tração, cv.

3.2.12.5 Consumo horário de combustível (l.h⁻¹)

O consumo de combustível foi medido por meio do fluxômetro eletromecânico (Figura 9) através de pulsos elétricos que, foram transformados em ml/seg pelo fluxômetro digital (Figura 10), e enviados para serem armazenados no banco de dados do micrologger (Figura 6).

Os retornos dos bicos injetores, filtros, bomba alimentadora e bomba injetora foram desviados para não retornarem combustível ao tanque e evitar a passagem do combustível duas vezes pelo fluxômetro eletromecânico para que não houvesse uma imprecisão na medida e no registro do consumo de combustível.

O Micrologger foi programado para registrar e armazenar os impulsos a cada 0,3 segundos.

Esse fato se iniciou com a queda da primeira e da segunda baliza de referência na entra e na saída das parcelas, com as diferentes semeadoras, velocidades e repetições. No instante da entrada nas parcelas, na queda da primeira baliza, o sistema de instrumentação e cronômetro, foram ligados e,

no instante da saída das parcelas na queda da segunda baliza o sistema de instrumentação e cronômetro, foram desligados (Figuras 4 e 7).

Todos os momentos foram gravados e registrados, nas mesmas formas já citadas no item 3.2.4.

Os dados armazenados no micrologger foram convertidos em litros por hora, em função do consumo registrado pelo fluxômetro, da densidade do óleo diesel ($0,84 \text{ g.ml}^{-1}$) e do tempo de consumo por parcela, conforme a Equação 8.

$$C_h = \frac{(C/\delta)}{3600} \dots\dots\dots(8)$$

Em que:

C_h = consumo horário médio de combustível, L.h^{-1} ;

C = consumo de combustível médio registrado nas parcelas, mg.s^{-1} ;

δ = densidade do óleo diesel, mg.L^{-1}

3.2.12.6 Consumo específico de combustível (L.h^{-1})

Este parâmetro expressa o consumo de combustível por unidade de potência na barra de tração. Para o cálculo do consumo específico, empregou-se a Equação 9.

$$C_{ec} = \frac{C_h * \delta}{P_B} \dots\dots\dots(9)$$

Em que:

C_{ec} = consumo específico, g cv.h^{-1} ;

δ = densidade do combustível em função da temperatura, g L^{-1} ;

C_h = consumo horário com base em volume, L h^{-1} ;

P_B = potência na barra de tração, cv.

3.2.12.7 Capacidade de campo teórica (ha.h⁻¹)

A capacidade de campo teórica média foi determinada em função das velocidades de deslocamento dos conjuntos e pela largura da faixa trabalhada conforme a Equação 10.

$$C_{ct} = \frac{V * L}{10} \dots\dots\dots(10)$$

Em que:

C_{ct} = capacidade de campo teórica, em ha.h⁻¹;

V = velocidade de deslocamento do conjunto corrigida pela patinagem, km.h⁻¹;

L = largura da faixa trabalhada pelo conjunto, m.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Biomassa de cobertura do solo

As quantidades de biomassa de cobertura existente na superfície do solo, nas parcelas, subparcelas e repetições da área experimental, são apresentadas nas Tabelas 5 e 6 de análise de variância e de médias. A quantidade média de biomassa foi de 5,8 t.ha⁻¹, não sendo diferente da quantidade encontrada por Silva (2000), mas, superior à relatada por Boller (1992), Lopes (2000) e Correa (2001). Não houve significância entre os tratamentos, o que indica uma boa distribuição e homogeneidade da biomassa de cobertura do solo da área experimental que, de acordo com Bertoni & Lombardi Neto (19), Griffith et al. (1992), Albuquerque et al. (1995), Mullins (1995) e Yamaoka (1984), protegem o solo contra o processo erosivo, promove melhor agregação do solo, infiltração de água e germinação das sementes. Também evita a proteção das ervas daninhas da pulverização com herbicida e o embuchamento na operação de semeadura.

TABELA 5. Resumo da análise de variância (QM) para a biomassa (t.ha⁻¹), umidade (%) e resistência à penetração (R.P. Mpa). UFLA, Lavras, MG, 2004/2005⁽¹⁾.

Fonte de Variação	GL	Biomassa (t.ha ⁻¹)	Umidade (%)	R. P. (Mpa)
Semeadora	2	0,031 ns	2,333 ns	0,111 ns
Repetição	2	0,001 ns	8,444 ns	0,356 ns
Erro 1	4	0,032 ns	5,111 ns	0,400 ns
Velocidade	2	0,008 ns	0,778 ns	0,419 ns
Velocidade * semeadora	4	0,199 ns	1,111 ns	0,323 ns
Erro 2	12	0,057 ns	1,722 ns	0,211 ns
Total corrigido	26			
Coefficiente de variação 1 (%)		3,110	6,900	22,78
Coefficiente de variação 2 (%)		4,130	4,000	16,56
Média geral		5,778	32,778	2,774

⁽¹⁾ Na análise de variância, “ns” representa ausência de significância a 1% e 5%, respectivamente.

TABELA 6. Médias da biomassa ($t\cdot ha^{-1}$), umidade (%) e resistência à penetração (R.P. Mpa). UFLA, Lavras, MG, 2004/2005. ⁽¹⁾

Tratamentos ⁽²⁾	Biomassa ($t\cdot ha^{-1}$)	Umidade (%)	R. P. (Mpa)
Semeadoras			
1	5,7a	32,7a	2,9a
2	5,8a	32,3a	2,7a
3	5,8a	33,3a	2,8a
Velocidades			
1	5,8a	32,6a	2,6a
2	5,8a	32,7a	3,0a
3	5,8a	33,1a	2,7a
Média Geral	5,8	32,7	2,8
Desdobramento			
Velocidades dentro de Semeadora 1			
1	5,5a	32,0a	3,0a
2	5,8a	32,3a	3,0a
3	6,0a	33,7a	2,7a
Velocidade dentro de Semeadora 2			
1	5,6a	32,3a	2,5a
2	5,9a	32,7a	2,7a
3	6,0a	32,0a	2,8a
Velocidade dentro de Semeadora 3			
1	5,6a	33,3a	2,3a
2	5,7a	33,0a	3,4b
3	5,9a	33,7a	2,7ab

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.2 Umidade e resistência à penetração do solo

De acordo com as Tabelas 5 e 6 da análise de variância e de médias da umidade e da resistência à penetração do solo no momento da semeadura, observa-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos. No entanto, no desdobramento da velocidade dentro de semeadora, a semeadora três apresentou tendência de variação de média crescente, não significativa de resistência à penetração entre as velocidades um e dois, um e três, e não significativa decrescente entre as velocidades dois e três. As variações de médias foram influenciadas por três fatores: a maior quantidade de biomassa e menor umidade na velocidade dois, a maior quantidade de biomassa e

umidade na velocidade três e pela diferença dos mecanismos de corte de palha e sulcador para sulco de fertilizante das três semeadoras.

Os resultados dos valores da umidade e da resistência à penetração impediram uma avaliação da compactação do solo pelo trânsito dos conjuntos trator-semeadoras, porque houve variações entre as umidades coletadas no dia do plantio e as umidades coletadas após o plantio. Essas variações também foram encontradas por Campbell & Sullivan (1991), Gamero & Lanças (1996) e Correa (2001) que afirmam só serem essas diferenças de umidade do solo possíveis de corrigir por meio de laboriosa modelagem matemática.

A média geral da umidade do solo encontrada no momento da semeadura foi de 32,7% (Tabela 6). Pereira et al. (2002) encontraram 39% de umidade após o plantio direto, que propiciou aumento da resistência à penetração. Weirich et al. (2002) encontraram diferença significativa entre o solo sem matéria orgânica e com matéria orgânica; o conteúdo de água se alterou de 0,249 g.g⁻¹ para 0,283 g.g⁻¹, no ponto de máxima compactação.

A média geral da resistência à penetração do solo encontrada no momento da semeadura foi de 2,8 Mpa (Tabela 6). De acordo com as classes de resistência à penetração adaptadas do Soil Survey Staff (1993), apresentada na Tabela 7, pode-se classificar o solo da área experimental como sendo um solo que apresenta uma alta compactação.

TABELA 7. Classes de resistência à penetração.

Classe	Resistência à penetração (MPa)
Extremamente baixa	< 0,01
Muita baixa	0,01 - 0,1
Baixa	0,1 - 1,0
Moderada	1,0 - 2,0
Alta	2,0 - 4,0
Muita baixa	4,0 - 8,0
Extremamente alta	>8,0

Adaptada de Soil Survey Staff (1993).

4.3 Uniformidade de distribuição de plantas.m⁻¹, índice de velocidade de emergência, duplos, aceitáveis, falhas, profundidade de semeadura, danos mecânicos e germinação.

Os resultados obtidos da análise de variância para a uniformidade de distribuição de plantas.m⁻¹, índice de velocidade de emergência, duplos, aceitáveis, falhas e profundidade de semeadura encontram-se na Tabela 8. Os resultados obtidos da análise de variância para danos mecânicos e germinação encontram-se na Tabela 8 e, na Tabela 10, são apresentados os resultados de médias obtidos para a uniformidade de distribuição de plantas.m⁻¹, índice de velocidade de emergência, duplos, aceitáveis, falhas, profundidade de semeadura, danos mecânicos e germinação.

TABELA 8. Resumo da análise de variância (QM), para plantas.m⁻¹, índice de velocidade de emergência (Ivel.), duplos, aceitáveis, falhas e profundidade de sementeira (Prof. sem.) UFLA, Lavras, MG, 2004/2005. ⁽¹⁾

Fonte de variação	G L	Plantas.m⁻¹	Ivel.	Duplos	Aceitáveis	Falhas	Prof. sem.
Semeadora	2	1,370*	0,219ns	183,259**	12,351ns	515,148**	0,704ns
Repetição	2	0,259ns	0,034ns	9,593ns	7,704ns	32,926ns	0,593ns
Erro 1	4	0,148	0,066	1,759	4,148	4,926	1,537
Velocidade	2	0,148ns	0,034ns	18,815**	306,259**	173,370**	0,148ns
Velocidade * Semeadora	4	0,370*	0,091ns	17,481**	37,704ns	20,370ns	0,259ns
Erro 2	12	0,074	0,048	2,148	12,556	9,537	0,222
Total Corrigido	26						
Coeficiente de variação 1	7,12		13,29	13,510	2,80	12,62	22,62
Coeficiente de variação 2	5,03		11,33	14,930	4,88	17,55	8,6
Média Geral	5,407		1,941	9,815	72,630	175,926	5,481

⁽¹⁾ Na análise de variância “ns” representa ausência de significância, os valores significativos são indicados como (**) e (*), para 1% e 5%, respectivamente.

TABELA 9. Resumo da análise de variância (QM), para os danos mecânicos e germinação UFLA, Lavras, MG, 2004/2005. ⁽¹⁾

Fonte de variação	Danos Mecânicos		Germinação	
	G.L.	QM	G.L.	QM
Semeadora	2	1,300ns	2	3,111ns
Repetição	1	0,164ns	3	22,963ns
Erro 1	2	0,192	6	13,185
Velocidade	2	2,213**	2	5,444ns
Velocidade * semeadora	4	0,518*	4	19,778*
Erro 2	6	0,067	18	6,556
Total corrigido	17		35	
Coefficiente de variação 1	13,48		3,75	
Coefficiente de variação 2	7,00		2,65	
Média Geral	10,555		96,778	

⁽¹⁾ Na análise de variância “ns” representa ausência de significância, os valores significativos são indicados como (**) e (*), para 1% e 5%, respectivamente.

TABELA 10. Médias de plantas.m⁻¹ (Pl.m⁻¹), índice de velocidade de emergência (Ivel), duplos, aceitáveis, falhas, profundidade de semeadura (Prof. sem.), danos mecânicos (D. mec.) e germinação (Germ.) UFLA, Lavras, MG, 2004/2005. ⁽¹⁾

Tratamento ⁽²⁾	Pl.m⁻¹	Ivel	Duplos	Aceitáveis	Falhas	Prof. sem.	D. mec.	Germ.
Semeadora								
1	5,8b	2,0a	7,7a	80,9b	11,3a	5,4a	11,5a	96,3a
2	5,0a	1,8a	15,0b	59,2a	26,0c	5,8a	13,1a	96,7a
3	5,4ab	2,1a	6,8a	77,8b	15,4b	5,2a	7,4a	97,3a
Velocidade								
1	5,6a	2,0a	8,3a	78,4c	13,2a	5,6a	8,1a	97,2a
2	5,3a	1,9a	9,9ab	72,7b	17,6b	5,3a	8,8a	97,2a
3	5,3a	1,9a	11,2b	66,8a	22,0c	5,6a	15,6b	96,0a
Média geral	5,4	1,9	9,8	72,6	17,6	5,5	10,6	96,8
Desdobramento								
Velocidades dentro da semeadora 1								
1	5,7a	1,9a	6,3a	84,7a	8,7a	5,3a	7,0a	95,5a
2	5,7a	1,8a	7,7a	79,3a	13,0a	5,3a	8,4a	96,5a
3	6,0a	2,1a	9,0a	78,7a	12,3a	5,7a	21,5b	97,0a
Velocidades dentro da semeadora 2								
1	5,0a	1,8a	10,7a	68,7c	21,3a	5,7a	9,3a	99,0b
2	5,0a	1,9a	16,7b	58,7b	24,7a	5,7a	12,5ab	98,0b
3	5,0a	1,6a	17,7b	50,3a	32,0b	6,0a	18,4b	93,0a
Velocidades dentro da semeadora 3								
1	6,0b	2,3a	8,0a	82,0b	9,7a	5,7a	8,0a	97,0a
2	5,3a	2,1a	5,3a	80,0b	15,0ab	5,0a	6,0a	97,0a
3	5,0a	1,9a	7,0a	71,3a	21,7b	5,0a	8,5a	98,0a

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.3.1 Análise comparativa entre as três semeadoras

As três semeadoras, S1 semeadora um (semeato), S2 semeadora dois (Jhon Deere) e S3 semeadora três (John Deere), foram definidas, segundo Balastreire (1990), Coelho (1996) e American Society of Agricultural Engineers (1996f), como sendo semeadoras-adubadoras e, segundo a forma de distribuição de sementes, foram classificadas, de acordo com a ABNT (1994), como sendo semeadoras de precisão. Segundo Hernani & Salton (1997), Muzilii (1991), Derpsch et al. (1991), Jasa et al. (1992), Collins & Fowler (1996), Hofman & Solie (1992) e Sattler (1995), de acordo com a finalidade a que foram utilizadas, foram classificadas como sendo semeadoras-adubadoras para plantio direto. Segundo Coelho (1996) foram denominadas a semeadora S1 uma semeadora-adubadora de discos perfurados horizontais e as semeadoras S2 e S3 semeadoras-adubadoras pneumáticas.

Analisando-se, relacionando-se e comparando-se as médias dos tratamentos mostrado na Tabela 10, entre as três semeadoras, S1, S2 e S3, observa-se que a S1 apresentou maiores médias em estande $5,8 \text{ plantas.m}^{-1}$, aceitáveis, 80,9% e médias menores em falhas, 11,3% do que as demais semeadoras S2 e S3, demonstrando maior uniformidade de espaçamentos entre sementes dentro das linhas e facilidade para singularizar as sementes corretamente. A semeadora S1, analisada pelos critérios sugeridos por Coelho (1996) com índice de espaçamentos aceitáveis acima de 60% e pelos critérios sugeridos por Tourino e Klingensteiner (1983) com índice de espaçamentos aceitáveis acima de 75%, teve um padrão de bom desempenho.

4.3.2 Análise comparativa entre as três velocidades de deslocamento

Analisando-se, relacionando-se e comparando-se as médias dos tratamentos mostradas nas Tabelas 8, 9 e 10, entre as três velocidades de deslocamento, V1 velocidade um $1,38 \text{ m.s}^{-1}$, V2 velocidade dois $1,8 \text{ m.s}^{-1}$ e V3

velocidade três $2,2 \text{ m.s}^{-1}$, observa-se que a velocidade V1 em relação às demais velocidades V2 e V3, apresentou maiores médias em estande de $5,6 \text{ plantas.m}^{-1}$ não significativa, aceitáveis de $78,4\%$ significativa e menores médias significativas em duplos de $8,3\%$, falhas de $13,2\%$ e danos mecânicos de $8,1\%$.

A velocidade V1 demonstrou um melhor padrão de distribuição uniformes das sementes nos sulcos de semeadura que as demais velocidades V2 e V3, indicando melhor precisão de distribuição das sementes. Padrões de precisão semelhante também foram encontrados por Dambrós (1998), Silva et al. (2000), Mercante et al. (2005) e Mahl et al. (2001) Esses padrões de precisão são considerados, por Kurachi et al. (1986), Tourino (1996) e Tourino et al. (2002), como um fator que influencia na melhoria da produtividade da cultura.

Os padrões de distribuição desuniforme das sementes nos sulcos de semeadura encontrados nas V2 e V3 assemelham-se aos padrões de distribuição desuniforme encontrados por Braunbeck (1971), verificando uma alta velocidade de saída das sementes com o aumento da pressão de ar. Semelhantes resultados em condições de campo e em laboratório, com o aumento da velocidade de deslocamento, também foram encontrados por Bonnim Acosta (2000) e Fey et al. (2000), não afetando na produtividade do milho.

4.3.3 Análise comparativa entre as três semeadoras no desdobramento de velocidade dentro de semeadora e a influência do aumento da velocidade de deslocamento de $1,38 \text{ m.s}^{-1}$ para $1,8 \text{ m.s}^{-1}$ e para $2,2 \text{ m.s}^{-1}$.

A semeadora um não foi afetada significativamente pela variação da velocidade no estande plantas.m^{-1} e uniformidade de espaçamentos, aproximando-se, assim, do estande meta de 6 plantas.m^{-1} . Contudo, foi afetada com o aumento significativo dos danos mecânicos que cresceram na ordem de $14,5\%$.

A semeadora dois não foi afetada significativamente pela variação da velocidade no estande plantas.m^{-1} e uniformidade de espaçamentos, mantendo

um estande de 5 plantas.m⁻¹, mas, foi afetada pelo aumento significativo de 9,1% em danos mecânicos, tendo um aumento significativamente de duplos em 7%, falhas em 10,7%, com conseqüentes reduções significativas de aceitáveis em 18,4% e queda do teor de germinação na ordem de 6%.

A semeadora três teve redução significativa no estande plantas.m⁻¹, que caiu de 6 plantas.m⁻¹ para 5 plantas.m⁻¹ na uniformidade de espaçamentos pela conseqüente redução significativa de aceitáveis na ordem de 10,7%, teve um aumento significativo de falhas na ordem de 12%, não ocorrendo diferenças significativas de danos mecânicos.

4.4 Patinagem, força na barra de tração, potência por haste, consumo horário, consumo específico e capacidade de campo.

A patinagem da roda motriz do trator é um parâmetro importante na avaliação do desempenho de máquinas agrícolas. No caso das semeadoras-adubadoras de plantio direto é fundamental a medição e análise desse parâmetro, uma vez que as mesmas têm uma maior resistência à tração, visto que trabalham em solo não mobilizado. A patinagem, já analisando pelo lado técnico-operacional, afeta a velocidade de deslocamento que, por sua vez, influencia também na força e potência na barra de tração, consumo horário e específico de combustível e capacidade de campo. Desta forma, uma determinação precisa do índice de patinagem fornece importantes informações para avaliação dos demais parâmetros pesquisados além de fornecer subsídios que levaram a uma melhor adequação trator-semeadora em função da força de tração e também na diminuição do desgaste dos conjuntos trator-semeadora e, por conseguinte, em um menor custo de produção (Costa e Volpato, 2005). As Tabelas 11 e 12 contêm as informações alusivas a estes parâmetros.

TABELA 11. Resumo da análise de variância (QM), para a patinagem (P %), força na barra de tração (F kN), potência por haste (P cv.haste), consumo horário (C. H. L.h⁻¹), consumo específico (C. E. g.cv. h⁻¹), capacidade de campo (C. C. ha.h⁻¹). UFLA, Lavras, MG, 2004/2005⁽¹⁾.

Fonte de variação	GL	P (%)	F (kN)	P (cv/haste)	C. H. (L.h ⁻¹)	C. E. (g.cv.h ⁻¹)	C. C. (ha.h ⁻¹)
Semeadora	2	12,111**	16,593**	4,483**	13,370**	3.802,815**	0,00245**
Repetição	2	0,111*	0,259*	0,038ns	0,259*	2,926ns	0,00001ns
Erro 1	4	0,222	0,037	0,019	0,037	25,759	0,00001
Velocidade	2	3,444**	29,037**	8,822**	9,037**	471,704ns	0,74999**
Velocidade * semeadora	4	0,222ns	0,315ns	0,176ns	0,648*	156,371ns	0,00007*
Erro 2	12	0,130	0,333	0,079	0,167	259,537	0,00002
Total corrigido	26	-	-	-	-	-	-
Coefficiente de variação 1 (%)	-	8,16	1,22	1,57	1,89	1,29	0,16
Coefficiente de variação 2 (%)	-	6,23	3,67	3,21	4,01	4,11	0,33
Média Geral	-	5,8	15,741	8,753	10,185	391,926	1,286

⁽¹⁾ Na análise de variância, “ns” representa ausência de significância. Os valores significativos são indicados como (**) e (*), para 1% e 5%, respectivamente.

TABELA 12. Médias da patinação (P%), força na barra de tração (F kN), potência por haste (P. cv/hast.), consumo horário (C. H L.h⁻¹), consumo específico (C. E. g.cv.h⁻¹), capacidade de campo (C. C. ha.h⁻¹), UFLA, Lavras, MG, 2004/2005. ⁽¹⁾

Tratamento	P (%)	F (kN)	P (cv.haste)	C.H. (L.h ⁻¹)	C.E. (g.cv. h ⁻¹)	C. C. (ha.h ⁻¹)
Semeadora						
1	5,0a	14,6a	8,3a	9,2a	374,7a	1,30b
2	5,2a	15,4b	8,8a	9,8b	386,5b	1,29b
3	7,1b	17,2c	9,7b	11,6c	414,7c	1,26a
Velocidade						
1	5,2a	17,7c	10,1c	9,2a	386,8a	1,00a
2	5,7a	15,4b	8,7b	10,1b	388,8a	1,29b
3	6,4b	14,1a	7,9a	11,2c	400,2a	1,57c
Média geral	5,8	15,7	8,9	10,2	410,5	1,29
Desdobramento						
Velocidades dentro da semeadora 1						
1	4,3a	16,7c	9,4c	8,7a	378,3a	1,01a
2	5,0ab	14,3b	8,1b	9,0a	384,0a	1,30b
3	5,7b	12,7a	7,2a	10,0b	397,0a	1,59c
Velocidades dentro da semeadora 2						
1	5,0a	17,3c	10,0c	9,0a	366,6a	1,00a
2	5,0a	15,3b	8,7b	9,7a	371,3a	1,30b
3	5,7a	13,7a	7,8a	10,7b	386,0a	1,59c
Velocidades dentro da semeadora 3						
1	6,3a	19,0b	10,8b	10,0a	405,4a	0,98a
2	7,0a	16,7a	9,4a	11,7b	417,7a	1,27b
3	8,0b	16,0a	8,8a	13,0c	421,0a	1,55c

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.4.1 Análise comparativa entre as três semeadoras

Analisando-se a Tabela 12, verificam-se diferenças significativas entre as médias das semeadoras. A semeadora 1 (S1) e a semeadora 2 (S2) são estatisticamente iguais para os parâmetros patinagem, potência por haste e capacidade de campo, diferenciando-se da semeadora 3 (S3). Isso significa que a patinagem e a potência por haste aumentam e a capacidade de campo diminui, quando utilizam-se semeadoras diferentes, de S1 para S3. Este resultado expressa e valida bem o processo de aquisição dos dados, visto que era um resultado esperado e muito citado por muitos autores. Resultados semelhantes foram obtidos por Reis et al. (2003). As diferenças significativas na variação da força média de tração na barra, consumo horário e específico, demonstram a desigualdade dos conjuntos avaliados S1, S2 e S3, ficando claro que, nessas ordens seqüenciais, à medida que se muda de conjunto, é requerida uma maior força de tração e maior consumo de combustível.

4.4.2 Análise comparativa entre as três velocidades de deslocamento

Analisando-se a Tabela 12 verificam-se diferenças significativas entre as velocidades de deslocamento. A velocidade V1 e a velocidade V2 são estatisticamente iguais, diferenciando-se da velocidade V3 na patinagem. As velocidades V1, V2 e V3 são significativamente diferentes na variação da força média de tração na barra, potência média por haste, consumo horário médio e capacidade de campo média, sem diferenças significativas no consumo específico médio de combustível. Isso significa que, à medida que se aumenta a velocidade, aumenta-se a patinagem e é requerida uma menor força de tração na barra e potencia por haste, ocorrendo um aumento no consumo de combustível e na capacidade de campo.

Analisando-se a influencia da velocidade média sobre a capacidade de campo, pode-se verificar um aumento deste parâmetro com o aumento da velocidade e de forma significativa para os três níveis avaliados, isto é, V1 é

diferente de V2, que é diferente de V3. Essa análise é importante para a observação do desempenho do conjunto motomecanizado, visto que, atualmente existe uma tendência muito forte em fazer com que as semeadoras-adubadoras sejam as maiores possíveis. Segundo Daniel (2005), citações de semeaduras entre velocidades de $2,7 \text{ m.s}^{-1}$ a $3,3 \text{ m.s}^{-1}$ em artigos científicos já são comuns. Essa ação acarreta, obrigatoriamente, no aumento da fonte de potência, tornando os tratores utilizados na operação de semeadura cada vez mais possantes.

4.4.3 Análise comparativa entre as três semeadoras no desdobramento de velocidade dentro de semeadora e a influência do aumento da velocidade de deslocamento de $1,38 \text{ m.s}^{-1}$ para $1,8 \text{ m.s}^{-1}$ e para $2,2 \text{ m.s}^{-1}$.

As semeadoras S1, S2 e S3 não foram afetadas significativamente pela variação da velocidade no consumo específico de combustível, mas, no consumo horário, S1 e S2 foram afetadas com V1 e V2 estatisticamente iguais entre si com diferença significativas em relação a V3. O mesmo ocorreu com a S3 em relação à patinagem.

As semeadoras S1 e S3 foram afetadas significativamente pela variação da velocidade, na patinagem, força na barra de tração, potência por mecanismos de semeadura, consumo horário e específico e capacidade de campo. Isso significa que à medida que se aumenta a velocidade, há um aumento na patinagem e requerida uma menor força de tração na barra e potencia por haste, ocorrendo um aumento no consumo horário de combustível e na capacidade de campo.

A semeadora S2 não foi afetada significativamente pela variação da velocidade na patinagem, mas, foi afetada significativamente como as demais semeadoras S1 e S2 pela variação da velocidade na força na barra de tração, potência por mecanismos de semeadura, consumo horário e específico e capacidade de campo. Isso significa que, à medida que se aumenta a velocidade, há uma diminuição na força de tração na barra e na potência por haste,

ocorrendo um aumento no consumo horário de combustível e na capacidade de campo.

A patinagem e o consumo horário oscilaram entre os menores índices de 4,3% e 8,7 L.h⁻¹ na S1V1 e os maiores índices, de 8% e 137 L.h⁻¹ na S3V3, com um aumento de 86% e 49%, respectivamente, entre os menores e os maiores índices registrados; a média geral da patinagem foi de 5,8% e do consumo horário de 10,27 L.h⁻¹ (Tabela 12). Apesar do aumento da patinagem e do consumo horário de combustível ter sido muito grande, não se pode dizer que estão muito altos em S3V3 porque os valores encontrados estão bem próximos do lastro apropriado, segundo a metodologia de relação patinagem/lastro recomendada por Borgman et al. (1974) e bem próximo da relação patinagem condição do solo, para solo firme entre 10% e 15%, recomendado por Bowers (1978), e de acordo com ASAE (1989) que recomenda, para a máxima eficiência de tração em solos não mobilizados, uma patinagem entre 8% e 10%.

A força média, na barra de tração e potência média por haste, oscilaram entre os menores índices de 12,7 kN e 7,2 cv.haste na S1V3 e os maiores índices de 19 kN e 10,82 cv.haste na S3V1, com um aumento de perdas de 49% e 5%, respectivamente, entre os menores e os maiores índices registrados. A média geral da força na barra de tração foi de 15,7 kN e de potência por haste de 8,9 cv.haste (Tabela 12). Resultados parecidos utilizando semeadora-adubadora de quatro linhas na semeadura de milho foram também encontrados por Casão Júnior et al. (1998) e Levien et al. (1999) e resultados diferentes com força média na barra tração de 8,48 kN, operando em velocidade mais baixa de 1,15 m.s⁻¹, foram encontrados por Marques (1999) e também por Chaplim et al. (1988) com força média na barra tração de 3,3 kN e 10 cv de potência na barra. Apesar da ocorrência da perda expressiva da força e da potência, quando a velocidade passa de V1 para V3, os resultados são coerentes com os conceitos físicos que regem a dinâmica das máquinas. Essas perdas indicam que, para

solos pesados, como é o Latossolo Vermelho Distroférico, onde foram realizados os ensaios, velocidades acima de $2,2 \text{ m.s}^{-1}$ podem não serem recomendadas, apesar de não mensuradas.

O mesmo comportamento que aconteceu para força de tração também se deu para potência. Aliás, esse comportamento já era esperado, visto que a potencia na barra para uma velocidade constante é diretamente proporcional à força. Assim sendo, destacam-se, em particular, os comportamentos da potência e da força disponibilizadas na barra para a S1V3 que, neste caso, foram observadas as menores disponibilidades de fato, 7,2 cv.haste e 12,7 kN. Esse comportamento está aliado aos maiores índices de patinação que, no caso de S1V3, foi de 5,7% (Tabela 12). O índice de patinação é o parâmetro causador da maior perda de potencia na barra. Como já foi citado anteriormente, este índice é fundamental para a verificação do equilíbrio do conjunto trator-semeadora, em termos de seleção da marcha e, principalmente, da adequação trator-semeadora. Trabalhos publicados, como o de Casão Junior et al. (2001), têm comprovado o aumento na demanda energética para semeadoras-adubadoras, com aumento da velocidade de deslocamento e a maior utilização do mecanismo para abertura de sulco do tipo haste (facão, botinha, etc.) em detrimento dos demais. Daniel (2004) comprova dificuldades de fabricantes verticalizados de semeadoras-adubadoras e tratores em assegurar a adequação do conjunto quando o agricultor troca o mecanismo de disco duplo de abertura do sulco para deposição do adubo, pelo de haste sulcadora.

A capacidade de campo oscilou entre o menor valor registrado em S3V1 de $0,98 \text{ ha.h}^{-1}$ e o maior valor registrado em S1V3 e S2V3, de $1,59 \text{ ha.h}^{-1}$ e, à medida que a velocidade de deslocamento aumentou de V1 para V2 e para V3, com diferenças significativas para as três semeadoras S1, S2 e S3, a média geral foi de $1,29 \text{ ha.h}^{-1}$, e as melhores capacidades de campo ocorreram na velocidade V3 para as três semeadoras S1, S2 e S3. Resultados mais elevados de $2,5 \text{ ha.h}^{-1}$

foram encontrados por Fornstron & Becker (1997) e Chaplin et al. (1988) que avaliaram, na semeadura de milho, com semeadora de quatro linhas no plantio direto e em solo preparado, concluindo que o plantio direto reduziu em 84% a energia demandada por área trabalhada em relação ao preparo convencional.

5 CONCLUSÕES

- 1) O estande meta foi alcançado pela semeadora S1 na velocidade V3 e pela semeadora S3 na velocidade V2.
- 2) Não houve diferença entre as semeadoras avaliadas para os parâmetros índice de velocidade e profundidade de semeadura.
- 3) A semeadora S1 foi a que apresentou pior percentual de germinação;
- 4) O aumento na velocidade de semeadura influenciou o parâmetro danos mecânicos, sendo a pior condição registrada para S1V3.
- 5) Em relação aos parâmetros índice de velocidade, duplos, aceitáveis e falhas, a semeadora S3 foi melhor que as demais.
- 6) As maiores diferenças entre as semeadoras utilizadas apareceram com o aumento na velocidade de semeadura.
- 7) Em relação aos parâmetros de uniformidade e distribuição, a melhor semeadora avaliada foi a S3, seguida pela S1 e S2.
- 8) A patinação da roda motriz foi influenciada pela velocidade de semeadura e pelo tipo de semeadora utilizada, sendo a menor registrada para S1V1 e a maior registrada para S3V3.
- 9) A semeadora S3 foi a mais exigente em termos de força de tração na barra e potência por haste de semeadura, sendo a condição pior registrada para a menor velocidade de semeadura. S1 e S2 não se diferenciaram estatisticamente.
- 10) A semeadora S3 foi a que apresentou maior consumo de combustível, sendo o maior registrado para a maior velocidade de semeadura. S1 e S2 não se diferenciaram estatisticamente.
- 11) O consumo específico não foi diferente, estatisticamente, para nenhuma das três semeadoras avaliadas.

12) A melhor capacidade de campo teórica foi registrada quando se utilizou a velocidade de semeadura V3 para as três semeadoras S1, S2 e S3.

13) Para os parâmetros técnico-operacionais avaliados, a condição de melhor desempenho foi observada para S1V3.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistema de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115-119, jan./mar. 1995.
- AL-GAADI, K. A.; AYERS, P. D. **Monitoring controlled and non-controlled field sprayer performance**. St. Joseph: ASAE, 1993. (ASAE Paper ; n. 93-1049)
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, S2009. 5. **Agricultural tractor teste code**. St. Joseph, 1989. p. 44-48.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, S296. **Uniform termonology for traction of agricultural tractors, self – propelled implements, and other traction and transport devices**. St. Joseph, 1982.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Agricultural machinery management data. In: _____. **ASAE standards 1996**: standards engineering practices data. San Joseph, 1996A. p. 332-339. (ASAE D497. 2MAR94).
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Guarding for agricultural equipment. In: **ASAE Standard 1999**: standards engineering practices data. 46. ed. St. Joseph, 1999b. p. 347-350. (ANSI/ASAE S493).
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Soil cone penetrometer. In: _____. **ASAE Standard 1999**: standards engineering practices data. 46. ed. St. Joseph, 1999a. p. 834-835. (ASAE S313. 1).
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Terminology for soil-engaging components for conservation-tillage planters, drills and seeders. In: _____. **ASAE standards 1996**: standards engineering practices data. San Joseph, 1996c. p. 309-314. (ASAE D477. 2 DEC93).
- ANDRADE, Camilo de L. T. de, COSTA, Édio L. da y ALBUQUERQUE, Paulo E. P. de. Development and calibration of TDR wave guides. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 173-176, ene./abr. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de Norma 04. 015. 06-004. Semeadoras de precisão:** ensaio de laboratório – método de ensaio. São Paulo, 1994. 26 p.

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

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 310 p.

BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, E. F. Efeito do sistema de preparo do solo no rendimento de grãos de trigo, soja e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. p. 1354-1360.

BARNI, N. A.; GOMES, J. E. S.; GONÇALVES, J. C. Efeito do tamanho de semente, profundidade e densidade de semeadura sobre o estabelecimento e características agronômicas da soja. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília. **Resumos...** Brasília: EMBRAPA, 1981. p. 12-13.

BENEZ, S. H. **Estudo do cultivo mínimo na cultura do milho (Zea mays L.) em solo Podzólico Vermelho Amarelo var. Laras**. Piracicaba, 1972. 108 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, Piracicaba.

BENGHOUGH, A. G.; MULLINS, C. E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 41, n. 3, p. 341-358, Sept. 1990.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após a colheita do milho e trigo, na presença e ausência de resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 409-418, jul./set. 1997.

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

BIANCHINI, A.; MAIA, J. C. de S.; MAGALHAES, P. S. G.; CAPELLI, N.; UMEZU, C. K. Automatic electronic recording penetrometer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 332-336, 2002.

BODMAN, G. B.; CONSTANTIN, G. K. Influence of particle size distribution in soil compaction. **Hilgardia**, Berkeley, v. 36, n. 15, p. 567-591, Oct. 1965.

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

BOLLER, W.; KLEIN, V. A.; DALLMEYER, A. U.; SCHONS, P. Força de tração e potência para operar com uma semeadora-adubadora de precisão em solo sob preparo reduzido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20.; 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, Instituto Agrônomo do Paraná, 1992b. p. 805-829.

BONNIN ACOSTA, J. J. **Avaliação de diferentes protótipos de semeadoras em covas para semeadura direta de milho**. 2000. 84 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

BORGES, G. de O. A história de Herbert Bartz – Pioneiro do sistema plantio direto no Brasil e na América Latina. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 41, p. 23-35, 1997.

BORGES, G. de O. Resumo histórico do Plantio Direto no Brasil. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio Direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT/FECOTRIGO/Fundação ABC/ Aldeia Norte, 1993. p. 13-18.

BORGMAN, D. E.; HAINLINE, E.; LONG, M. E. **Fundamental of machine operation**. Moline: John Deere Service, 1974. 304 p.

BOWERS, W. **Matching equipment to big tractors of efficient field operations**. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, p. 1031-1039, 1978.

BRAUNBECK, O. A. **Adaptation of a pneumatic row crop planter for precision drilling of wheat**. 1971. Thesis (MS) - Michigan State University, USA.

BURT, E. C.; LYNE, P. W. L.; MEIRING, P.; KEEN, J. F. Ballast and inflation effects on tire traction. **Transactions ASAE**, St. Joseph, v. 26, n. 5, p. 1352-1354, Sept./Oct. 1983.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. R. **Compactação do solo e desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Degaspari, 1997. 132 p.

CAMPBELL, D. J.; O'SULLIVAN, M. F. **The cone penetrometer in relation to trafficability, compaction, and tillage**. In: SMITH, K. A.; MULLINS, E. C. **Soil analysis: physical methods**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 399-429.

CAÑAVATE, O. J. **Las maquinas y su aplicación**. 3. ed. Madri: Mundi-Prensa, 1989. p. 211-229.

CAPPELLI, N. L.; UMEZU, C. K.; CAMPOS, R. F. de. Low cost electronic push cone for the study of mechanical impedance to root growth. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 525-529, sept./dic. 2001.

CASÃO JÚNIOR, R.; ARAÚJO, A. G.; RALISCH, R.; SILVA, A. L.; LADEIRA, A. S.; SILVA, J. C.; MACHADO, P.; ROSSETO, R. Avaliação do desempenho da semeadora-adubadora Magnum 2850 PD no basalto paranaense. **Circular do Instituto de Agronomia do Paraná**, Londrina, n. 105, p. 1-47, 1998.

CASÃO JÚNIOR, R.; PALLEROSI, C. A.; PORTELLA, J. A. Dispositivo pneumático para redução dos erros de dosagem e deposição de sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26.; 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997. 1CD-ROM.

CASÃO JÚNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; ARAÚJO, A. G. **Dinâmica de semeadoras-adubadoras diretas em Marechal Cândido Rondon – PR.** : Resultados de avaliação. Londrina: IAPAR, 2001. 26 p.

CASSEL, D. K. **Tillage effects on soil bulk density and mechanical impedance**. In: AMERICAM SOCIETY OF AGRONOMY. **Predicting effects on soil physical properties and processes**. Madson, 1982. cap. 4, p. 45-68

CASTRO NETO, P. **Desenvolvimento e avaliação de equipamentos e Metodologia para determinação de parâmetros físicos do solo relacionados a dias trabalháveis com máquinas agrícolas**. 2001. 155 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CASTRO NETO, P.; NAGAOKA, A. K.; LANÇAS, K. P. Resistência à penetração do solo antes e após a colheita mecanizada da soja sob diferentes sistemas de manejo. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1.; 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1999b. v. 2, p. 444-448.

CASTRO, O. M. **Preparo do solo para a cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargil, 1989. 41 p.

CHAPLIN, J.; JENANE, C.; LUEDERS, M. Drawbar energy use for tillage operations on loamy sand. **Transactions ASAE**, St. Joseph, v. 31, n. 6, p. 1692-1694, Nov./Dec. 1988.

COBO, L. B. D. **Selección y dimensionamiento de la maquinaria agrícola**. Santiago: FAO/ONU, 1988. 36 p.

COELHO, J. L. D. Ensaio e certificação das máquinas para a semeadura. In: MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiróz, 1996. p. 551-570.

COLLINS, B. A.; FOWLER, D. B. Effects of soil characteristics, seeding depth, operating speed, and opener design on draft force during direct seeding. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 39, n. 3/4, p. 199-211, Nov. 1996.

CORDEIRO, M. A. L.; BENEZ, S. H.; SOUSA, A. P. Consumo de combustível em tratores agrícolas trabalhando com semeadoras adubadoras e com pulverizadorResearch In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 17., 1988, Iperó. **Anais...** Iperó: Centro Nacional de Engenharia Agrícola, 1988b. p. 339-349.

CORREA, H. G. **Semeadura conjugada à aplicação de herbicidas em plantio direto e convencional, na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 2001. 189 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CORREA, I. M.; MAZIERO, J. V. G.; MILAN, M. Tração dianteira auxiliar: **desempenho em função do pneu dianteiro**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBEA, 1998. v. 3, p. 154-156.

CORRÊA, I. M.; YANAI, K.; MAZIERO, J. V. G. Trator agrícola: cálculo da patinagem das rodas motrizes. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 6, n 2, p. 63-71, dez. 1995a.

CORRÊA, I. M.; YANAI, K.; MAZIERO, J. V. G. Trator agrícola: patinagem, patinamento ou deslizamento? **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 6, n 2, p. 59-62, dez. 1995b.

COSTA, A. V.; FONTES, L. A. N.; GALVÃO, J. D. Efeito da profundidade de plantio e do tamanho da semente sobre a emergência e sobre algumas características agronômicas de soja. **Experimentiae**, Viçosa, v. 16, n. 8, p. 151-172, nov. 1973.

COSTA, J. C.; VOLPATO, C. E. S. A knowledge based system with support for decision making to be applied to the management of agriculture motor-mechanical systems – GEMEC. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE ASSOCIATION OF INFORMATION SYSTEMS SIG DSS, 8., 2005, Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre: International Society for Decision Support Systems, 2005. CD-ROM.

DALLMEYER, A. U. Opções na semeadura: resumo. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 2, 2001.

DAMBRÓS, R. M. **Avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras de milho com diferentes mecanismos dosados** Research 1998. 86 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

DANIEL, L. A. **Análise do comportamento da cultura do milho (*Zea mays L.*) em rotação com soja (*Glycine max (L.) Merrill*) cultivadas através do sistema de "plantio direto" e "convencional" em diferentes épocas do ano, com e sem irrigação.** 1981. 118 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agronômicas e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

DANIEL, L. A. Semeadoras: Como Escolher. **Revista Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 3, n. 37, p. 10-12, jan. 2005.

DANIEL, L. A.; GAMERO, C. A.; DALLMEYER, A. V.; CASTRO, O. M. Preparo do solo: metodologia empregada para quantificar e qualificar o trabalho. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 43, n. 392, p. 10-13, set./out. 1990.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 19-27.

DERPSCH, R. Historical review of no-tillage cultivation of crops. In: JIRCAS SEMINAR ON SOYBEAN RESEARCH, 1., 1998, Foz do Iguaçu, PR, Brazil. **Proceedings...** Foz do Iguaçu, PR, Brazil, 1998. p. 1-18. (JIRCAS Working Report ; n. 13).

DERPSCH, R. Importância da cobertura do solo e do preparo conservacionista. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO E SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLO DE PLANALTO, 3., 1984, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo, 1984. p. 153-166.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná. Brasil:** sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschbrn: GTZ, 1991. 272 p.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C. H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Parana, Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 8, n. 1/4, p. 253-263, Nov. 1986.

DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 175-182, maio/ago. 1996.

DRAGHI, Laura M.; BOTTA, G. F.; BALBUENA, R. H.; CLAVERIE, J. A.; ROSTTO, H. Diferencias de las condiciones mecánicas de un suelo arcilloso sometido a diferentes sistemas de labranza. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 120-124, ene./mar. 2005.

DWYER, M. J.; HEIGHO, D. P. The tractive performance of some large tractor drive wheel tyres compared with dual wheels. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Tokyo, v. 29, n. 1, p. 43-50, Jan. 1984.

FANCELLI, A. L.; TORRADO, P. V.; MACHADO, J. (Coord.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 3-16.

FEBRAPDP. Plantio Direto. Disponível em: <[http://www. agri. com.](http://www.agri.com.br/febrapdp/default.htm)

[br/febrapdp/default. htm](http://www.agri.com.br/febrapdp/default.htm)>. Acesso em: jul. 2005.

FERREIRA, M. M. **Física do solo**. Lavras: Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1993. 63 p.

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. 1CD-ROM.

FONTANA, C. F.; DALLMEYER, A. U.; POZZERA, J. WEISS, A. Desempenho comparativo de tratores com e sem tração dianteira auxiliar durante a escarificação do solo. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 16, n 3, p. 237-249, jul./set. 1986.

FORNSTRON, K. J.; BECKER, C. F. Comparison of energy requirements and machinery performance for four summer fallow methods. **Transactions ASAE**, St. Joseph, v. 20, n. 4, p. 640-642, July/Aug. 1977.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; ABRAHÃO, F. Z.; LEITE, M. A. S. Influência da velocidade da semeadora na cultura do milho (*Zea mays*) em diferentes condições de preparo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999b. 1CD-ROM.

GAMEDA, S.; RAGHAVAN, G. S. V.; MCKYES, E.; THERIAULT, R. Subsoil compaction in a clay soil. II. Natural alleviation. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 10, p. 123-130, 1987.

GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H.; FURLANI JÚNIOR, J. A. Análise do consumo de combustível e da capacidade de campo de diferentes sistemas de preparo periódico do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15., 1986, São Paulo. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1986. p. 1-9.

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: Conselho Nacional de Pesquisas, 1996. p. 463-514.

GARCIA, R. F.; QUEIROZ, D. M. de, MIYAGAKI, O. H. et al. Computer program for data acquisition to evaluate of agricultural machines. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 375-381, maio/ago. 2003.

GEBHARDT, M. R.; CREEK, A. F.; WEBBER, C. L.; GREGORY, J. M. Soybeans culture effects on compaction of a clay pan soil. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 29, n. 2, p. 416-420, Mar./Apr. 1986.

GREEN, M. K.; STOUT, B. A.; SEARCY, S. W. Instrumentation package for monitoring tractor performance. **Transactions ASAE**, St. Joseph, v. 28, n. 2, p. 346-349, 355, Mar./Apr. 1985.

GRIFFITH, D. R.; MONCRIEF, J. F.; ECKERT, D. J.; SWAN, J. B.; BREIBACH, D. D. Crop response to tillage systems. In: **Conservation tillage systems and management: crop residue management with no-till, ridge-till, mulch-till**. Ames: Midwest Plan Service, 1992. p. 25-33.

GRISSE, R. D.; HOFMAN, V. L. Pesticide application equipment. In: **Conservation tillage systems and management: crop residue management with no-till, ridge-till, mulch-till**. Ames: Midwest Plan Service, 1992. p. 111-115.

HASSAN, A. E.; DAKLEY, R.; CULSHAW, D.; DAWSON, J. R. Comparison tests of a forestry and agriculture tive. **Transactions ASAE**, St. Joseph, v. 30, n. 6, p. 1562-1568, Nov./Dec. 1987.

HENKLAIN, J. C.; CASÃO JÚNIOR, R. Preparo do solo. In: PARANÁ. Secretaria de da Agricultura e Abastecimento. **Manual técnico do subprograma manejo e conservação do solo**. Curitiba, 1989. p. 130-157.

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C. Manejo e conservação de solos. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Milho: informações técnicas**. Dourados: Embrapa-CNPAO, 1997. p. 39-67.

HERTZ, E. J. Energy consevation in mechanized agriculture in Chile. **Agric. Mechanization in Asia, Africa and Latin Am.**; v. 16, n. 1, p. 1-7, 1985.

HETZ, E. J.; BARRIOS, A. I. Reduccion del costo energetico de labranza/siembra utilizando sistemas conservacionistas en Chile. **Agro-Ciencia**, v. 13, n. 1, p. 41-47, ene./jun. 1997.

HOFMAN, V. L.; SOLIE, J. Dry land small grain seeding equipment. In: CONSERVATION tillage systems and management: crop residue management with no-till, ridge-till, mulch-till. Ames: Midwest Plan Service, 1992. p. 102-108.

HOOGMOED, W. B.; DERPSCH, R. Chisel ploughing as an alternative tillage system in Paraná, Brazil. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 53-67, 1985.

HOPKINS, R. M.; PATRICK, W. H. Combined effect of oxygen concentration and soil compaction on root penetration. **Soil Science**, Baltimore, v. 108, n. 6, p. 408-413, Dec. 1969.

INSTITUTO AGRONOMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no estado do Paraná**. Fundação Instituto Agronomico do Paraná, 1981. 244 p. (Circular ; n. 23).

JASA, P. J.; DICKEY, E. C. Tillage factors affecting corn seed spacing. **Transactions ASAE**, St. Joseph, v. 25, n. 6, p. 1516-1519, Nov./Dec. 1982.

JASA, P. J.; SIEMENS, J. C.; PFOST, D. L. No-till drills. In: **Conservation tillage systems and management**: crop residue management with no-till, ridge-till, mulch-till. Ames: Midwest Plan Service, 1992. p. 98-101.

JOHN DEERE. **Optimizing your 60 and 70 series 4WD tractors for top performance**. John Deere Waterloo Works. AR 113037. 1993. 22 p.

KAYOMBO, B.; MREMA, G. C.; JENSEN, H. E. Characterizing compaction effects on soil properties and crop growth in southern Nigeria. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 21, n. 3/4, p. 325-345, Nov. 1991.

KEMPER, W. D.; STEWART B. A. ; PORTER, L. K. Effects of compaction on soil nutrient status. In: **Compaction of agricultural soils**. Michigan, ASAE, 1971. p. 287.

KLEIN, V. A.; BOLLER, W. Avaliação de diferentes manejos de solo e métodos de semeadura em área sob sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 395-398, set./dez. 1995.

KURACHI, S. A. H.; SILVEIRA, G. M.; COSTA, J. A.; MORAES, R. A. D. M.; BERNARDI, J. A.; MOREIRA, C. A.; PETRONI, A. C.; SILVA, J. R.;

MESQUITA, C. M. **Código de avaliação de semeadoras e/ou adubadoras.** Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1986. v. 3, 138 p. (Documentos).

LAMBE, W. T. The engineering behavior of compacted clay. **Journal of the Soil Mechanics and Foundations Divison**, Washington, v. 55, p. 1-34, 1958.

LANÇAS, K. P. Diagnóstico e controle localizado da compactação do solo. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DO AGRONEGÓCIO DO ALGODÃO/SEMINÁRIO ESTADUAL DA CULTURA DO ALGODÃO, 5., 2000, Cuiabá. **Anais...** . Cuiabá: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, 2000b. p. 25-32.

LANÇAS, K. P. **Seleção de conjuntos moto-mecanizados para realização de operações agrícolas.** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 1996b. 13 p.

LANÇAS, K. P.; GABRIEL FILHO, A.; BANERALI, M. Efeito da compactação do solo realizada em laboratório sobre alguns de suas propriedades físicas. Parte I: Apropriação da metodologia. In: CONGRESSO

LANDERS, J. N. Case study for Wageningen University: Zero tillage development in tropical Brazil. The story of a successful NGO activity. 2000. 37 p. Unpublished document.

LANDERS, J. N. **How and why the Brazilian zero tillage explosion occurred.** Buenos Aires: ISCO. 1999. (Proceedings. . .).

LEITE, D. **Comportamento do milho em diferentes densidades de plantio.** 1973. 90 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

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. **Trabalhos publicados...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. 1CD-ROM.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B. de.; BERTOLINI, D.; GALETI, P. A.; DRUGOWICH, M. I. **Terraceamento agrícola.** Campinas: Coordenadoria da Assistência Técnica Integral, 1991. 38 p. (CATI. Boletim técnico, 206)

LOPES, A. **Desempenho de um trator agrícola em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento em um solo argiloso.** Botucatu, 2000. 131 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

LOPES, A.; LANCAS, K. P.; FURLANI, C. E. A. NAGOAK, A. K.; NETO, P. C.; GROTTA, D. C. C. consumption of a tractor as a function of the tyre type, ballasting and forward speed. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 382-386, maio/ago. 2003.

LOURENÇO, S. O Plantio Direto na Embrapa. In: WORKSHOP INTERNO SOBRE PLANTIO DIRETO. Brasília: Embrapa, 1998.

LYON, D. J.; MILLER, S. D.; WICKS, G. A. Weed management in reduced tillage cropping systems. In: MOLDENHAUER, W. C.; BLACK, A. L. **Crop residue management to reduce erosion and improve soil quality in Northern Great Plains.** Washington: United States Department of Agriculture, 1994. p. 42-51.

MACHUL, M.; MALYSIAR, B. Effect of date and depth of sowing on growth and yield of maize. **Pammetruk Pulanski**, Krakow, v. 81, p. 37-48, 1983. In: MAIZE ABSTRACTS, London, v. 3, n. 5, 1987. (Abstracts)

MAGALHÃES Jr. de; FAGUNDES, P. R. R. **Arroz irrigado.** Pelotas, 1996. p. 75.

MAHL, D.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H.; LEITE, M. A. S.; SILVA, A. R. B.; PONTES, J. R. V.; MARQUES, J. P.; GREGO, C. R.; COSTA, A. M. Distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes de uma semeadora-adubadora de plantio direto em função da velocidade e mecanismo sulcador. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1-CD-ROM.

MARQUES, J. P. **Manejo da vegetação espontânea para implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.) em plantio direto e preparo convencional do solo.** 1999. 98 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MELLO, L. M. M.; FERREIRA, S. R.; YANO, E. H. Desempenho do equipamento sobre o tamanho do fragmento do Guandú (***Cajanus cajan*** (L.)

Millsp.). **Ingeniería Rural y Mecanización Agraria en el âmbito Latinoamericano**. La Plata, Argentina, 1998a. p. 143-148.

MERCANTE, E.; SILVA, S. de L.; MODOLO, A. J.; SILVEIRA, J. C. M. Energy demand and distribution of corn seeds as a function of the speed of two seedrills. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 424-428, jul./sept. 2005.

MESQUITA, C. M.; ROESSING, A. C.; GAZZIERO, D. L. P. Consumo de energia e avaliação técnica-econômica de sistemas de produção de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília. **Anais...** Londrina: Centro Nacional de Pesquisa de Soja/EMBRAPA, 1982. p. 525-538.

MESQUITA, C. M.; ROESSING, A. C.; GAZZIERO, D. L. P. Consumo de energia em sistemas de produção de soja e trigo. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de soja**. Londrina, 1983. p. 104-111.

MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 301 p.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 723 p.

MORAES, M. H.; BENEZ, S. H.; LIBARDI, P. L. Efeito da compactação em algumas propriedades físicas do solo e seu reflexo no desenvolvimento das raízes de plantas de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 2, p. 393-403, 1995.

MOREIRA, C. A.; ALVES, J. C. V. N. P.; MENEZES, J. F.; SOUZA COSTA, J. A. **Desempenho de mecanismos dosadores-distribuidores de sementes em plantadeiras-adubadeiras**. Campinas: DEA-IAC, 1978.

MULLINS, G. L. Soil management under no-tillage: soil chemical aspects. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA, 1995. p. 121-125.

MUZILLI, O. Plantio direto em solos de baixa aptidão agrícola. In: CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. (Ed.). **Uso e manejo dos solos de baixa aptidão agrícola**. Londrina: IAPAR, 1999. p. 100-123 (IAPAR. Circular Técnica, 108).

MUZILLI, O. **O plantio direto no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 3-16

MUZILLI, O.; BORGES, G. O.; MIRANDA, M. A sustentabilidade agrícola e o plantio direto. In: OLIVEIRA, A. D.; LOPES.; DIAS, G. P.; FREITAS, M. C. Adaptação de um contador de voltas mecânico para determinação da patinagem em tratores de pneus. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25., 1996, Bauru. **Resumos...** Bauru: SBEA, 1996. p. 128.

ORLANDO, R. C.; VIEIRA, L. B.; BARBOSA, J. A. Análise de variabilidade do índice de cone para diferentes níveis de teor de água do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. v. 3, p. 268-270.

ORTOLANI, A. F. **Efeito de diferentes tipos de preparo do solo sobre o comportamento do sistema solo-cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1977. 100 p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agronômicas e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

ORTOLANI, A. F. Manejo do solo agrícola durante dez anos com a cultura do milho (*Zea mays* L.). I: Efeito no solo, II: Efeitos sobre a cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1991. p. 738-786.

ORTOLANI, A. F.; COAN, O.; BENINCASA, M.; BANZATTO, D. A. Manejo do solo agrícola durante dez anos com a cultura do milho (*Zea mays* L.) – II: Efeitos sobre a cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992a. p. 763-786.

ORTOLANI, A. F.; COAN, O.; BENINCASA, M.; BANZATTO, D. A.; GAMERO, C. A.; NATALE, W. Manejo do solo agrícola durante 10 anos com a cultura do milho (*Zea mays* L.) – I: Efeitos no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1991. v. 2, p. 738-762.

PEREIRA, J. O.; SIQUEIRA, J. A. C.; URIBE-OPAZO, M. A. SILVA, S. L. Soil penetration resistance as a function of tillage system and soil water content. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 171-174, jan./abr. 2002.

PHILLIPS, R.; KIRKHAM, D. Soil compaction in the field and corn growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 54, n. 1, p. 29-34, Jan./Feb. 1962.

PHILLIPS, S. H.; YOUNG, H. M. **No- Tillage Farming**. Wisconsin: Reiman Associates, 1973. 224 p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes**. 2. ed. Brasília DF: AGIPLAN, 1985. 289 p.

PORTELLA, J. A.; FAGANELLO, A.; SATLER, A. Máquinas e implementos para plantio direto. In: EMPRESA BRASSIELRIA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Ed.) **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 29-36.

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, 3., 1998, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 1998. p. 43-45.

PORTELLA, J. A.; SATLER, A.; FAGANELLO, A. Índice de emergência de plântulas de soja e de milho em semeadura direta no Sul do Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 17, n. 1, p. 71-78, set. 1997.

PURÍSSIMO, C. Experiências do manejo de plantas daninhas no Sul/Sudeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Palestras e mesas redondas...** Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p. 33-35.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; CARNEIRO, J. E. S.; GONSALVES, F. M. A.; SANTOS, J. B.; PELOSO, M. J.; FARIA, L. C.; RAMOS, M. **Sistemas de plantio mínimo do solo: técnicas e perspectivas para o Paraná**. Ponta Grossa: Embrapa, 1976. (EMBRAPA. Comunicado Técnico, 23).

RANEY, W. A.; EDNINISTER, T. W. Current status of Research in soil compaction. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 19, n. 3, p. 423-428, July 1955.

RAZERA, L. F. **Efeitos da danificação mecânica causada por semeadoras em sementes de soja**. 1979. 102 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

REICHARDT, K. **Física dos Processos de transferência no sistema solo planta - atmosfera**. Piracicaba, CENA, USP/CNEN, v. 2, p. 68-180, 1973.

REIS, E. F.; CUNHA, J. P. A. N.; FERNANDES, H.C.; RONDÓN, P. P. Influencia de mecanismos rompedores de solo no desempenho de uma semeadora-adubadora de plantio direto. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, Havana-Cuba, v. 12, n. 4, p. 35-45, 2003.

RIBEIRO, M. F. S. Aspectos de seleção e manejo de semeadoras-adubadoras de plantio direto a tração animal. In: PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: Instituto Agronômico do Paraná, 1997. p. 252-256.

RODRIGUES, B. N. Controle de plantas daninhas em plantio direto. In: PEIXOTO, R. T. G, AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: Instituto Agronômico do Paraná, 1997. p. 234-237.

ROSOLEM, C. A.; ALMEIDA, A. C.; SACRAMENTO, L. V. S. Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 53, p. 259-266, 1994a.

ROSOLEM, C. A.; VALE, L. S. R.; GRASSI FILHO, H.; MORAES, M. H. Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 491-497, set./dez. 1994b.

SÁ, J. C. de M. **Fertilidade do solo em plantio direto**. Castro, PR: Fundação ABC, 1992.

SÁ, J. C. M. Plantio direto em campos nativos. In: PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D. C. SAMAHA, M. J. **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: Instituto Agronômico do Paraná, 1997. p. 53-65.

SAAD, O. **Seleção do equipamento agrícola**. 4. ed. São Paulo: Livraria Nobel, 1983. 126 p.

SADE, M. Uma Breve Histórico do Sistema de Plantio Direto na Palha no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7.,

2000, Foz do Iguaçu, PR. **Harmonia do homem com a natureza: desafio do 3º milênio**. Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2000. p. 15-17.

SAINI, G. R.; CHOW, T. L. Effect of compact subsoil and water stress on the shoot and root activity of corn and alfalfa in a growth chamber. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 66, p. 291-298, 1982.

SALVADOR, N. **Consumo de energia na operação de subsolagem realizada antes e depois de sistemas de preparo periódico do solo**. 1992. 192 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SALVADOR, N. **Máquinas e técnicas para manejo do solo e cultivo**. Lavras-MG: Ed. UFLA, 2003 57 p.

SATTLER, A. Elementos rompedores de solo e distribuidores de sementes em semeadoras para plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA, 1995. p. 35-37.

SATURNINO, H. M. Evolução do Plantio Direto e as Perspectivas nos Cerrados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 5-12, jan./fev. 2001.

SCHLOSSER, J. F.; DALLMEYER, AU. D. Desempenho operacional de um trator com tração dianteira auxiliar operando com as rodas dentro e fora do sulco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBEA, 1998. v. 2, p. 432-7.

SILVA, F. M.; COAN, O.; NATALE, W. Influência da profundidade de semeadura com e sem uso de sulcador na cultura de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SBEA/CEPLAC, 1993. p. 1438-1452.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. **Plantio direto no cerrado**. Ponta Grossa: Instituto Agronômico do Paraná, 1997. p. 114-115.

SILVA, M. T. B. Comportamento de *Sternechus subsignatus* (BOHEMAN), em dez espécies vegetais de verão para rotação de culturas ou cultura armadilha no plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 537-541, out./dez. 1997.

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

SILVA, S. de L. **Projeto e construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e implementos agrícolas.** 1997. 148 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SILVA, S. de L.; BENEZ, S. H.; RICIERI, R. P.; PEREIRA, J. O. Demanda energética em sistema de semeadura direta em milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1CD-ROM

SILVEIRA, G. M. **Os cuidados com o trator.** 2. ed. Rio de Janeiro: Globo, 1988. 246 p.

SILVEIRA, J. C. M. da; MODOLO, A. J. SILVA, S. DE L.; GABRIEL FILHO, A. 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, jan./mar. 2005.

SIQUEIRA, R.; YAMAOKA, R. S.; CASÃO JR, R.; MEDEIROS, G. B.; HAMAKAWA, P. J.; LADEIRA, A. S. Sistemas de preparo e coberturas vegetais em um solo de baixa aptidão agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. p. 1468-1484.

SMITH, J. A. **Rotary tiller-examination of application and fuel use.** St. Joseph, MI: ASAE, 1983. (ASAE PAPER 83-1022).

SOIL SURVEY STAFF. **Soil survey manual.** Washington: USDA, 1993. 437 p. (Handbook, 18)

SORRENSON, W. J.; MONTOYA, L. J. **Implicações econômicas da erosão do solo e do uso de algumas práticas conservacionistas no Paraná.** Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1989. 106 p.

SOUTHGATE, D. D.; FORSTER, D. L. Economics of controlling nonpoint source pollution and soil erosion. In: CASTRO FILHO, C, MUZILLI, O. **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1996. p. 293-311.

SOUZA, Claudinei F. y MATSURA, Edson E. Multi-wire TDR probe evaluation to monitor soil water content. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 63-68, ene./abr. 2002.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. **Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto - modelo IAA/Planalsucar - Stolf**. São Paulo: MIC/IAA/PNMCA - Planalsucar, 1983. 8 p. (Série penetrômetro de impacto – Boletim, 1).

STONE, L. F.; GUIMARAES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Soil compaction in a bean crop. I: effects on soil physical and water properties. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 207-212, abr./jun. 2002.

STONEHOUSE, D. P. The economics of tillage for large-scale mechanized farms. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 20, n. 2/4, p. 333-351, June 1991.

STURNY, W. G. Bodenbearbeitung. **Die Grune**, v. 115, n. 46, p. 13-24, 1987.

SUWARDJI, P.; EBERBACH, P. L. Seasonal changes of physical properties of an Oxic Paleustalf (Red Kandosol) after 16 years of direct drilling or conventional cultivation. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 49, n. 1/2, p. 65-77, Nov. 1998.

TAYLOR, H. M. Effects of soil strength on seedling emergence, root growth and crop yield. In: **Compaction of agricultural soils**. Michigan: ASAE, 1971. p. 292-305.

TOMPKINS, F. D.; WILHELM, L. R. Microcomputer-based tractor data acquisition system. **Transactions ASAE**, St. Joseph, v. 25, n. 6, p. 1540-1543, Nov./Dec. 1982.

TORMENTA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 333-339, maio/ago. 1996.

TORRADO, P. V.; ALOISI, R. R. (Ed.). **Plantio direto no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 124 p.

TORRES, E.; SARAIVA, F. O.; MOREIRA, J. J. A. A.; URCHEI, M. A.; HERNANI, L. C.; GAUDÊNCIO, C. A.; PRIMAVESI, O.; FRANZ, C. A. B. Compactação do solo. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema plantio direto. O produtor pergunta, a EMBRAPA responde**. Dourados: Centro de Pesquisa Agropecuária Oeste-EMBRAPA, 1998. p. 103-118.

TOURINO, M. C. C. A semente no lugar certo. **A Granja**, Porto Alegre, v. 42, n. 461, p. 36-40, jun. 1986.

TOURINO, M. C. C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaio e avaliação de semeadoras Adubadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 13., 1983, Seropédica. **Anais... Seropédica**: SBEA, 1983. p. 103-107.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, ago. 2002.

UNGER, P. W.; JONES, O. R. Long-term tillage and cropping systems affect bulk density and penetration resistance of soil cropped to dryland wheat and grain sorghum. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 45, p. 39-57, 1998.

VALPASSOS, C. M. L. **Efeitos dos sistemas de preparo do solo num latossolo argiloso na cultura do milho (Zea mays L.)**. 1985. 88 p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

VAUGHAN, D. H.; SMITH, E. S.; HUGHES, H. A. Energy require of reduced tillage practices for corn and soybean production in Virginia. In: ROCKERETZ, W (Ed.). **Agriculture and energy**. 1977. p. 245-259.

VELLOSO, J. A. R. O.; SOUZA, R. O. Plantas daninhas no sistema plantio direto na palha. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 61-75.

VILIOTTI, C. A.; DIAS, G. P.; FREITAS, M. C. do. Uso da mesma ASAE EP 455 na avaliação do desempenho de um sistema eletrônico para medição do deslizamento em tratores 4/2 com o uso de sistema eletrônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBEA, 1998a. v. 3, p. 205-207.

VILIOTTI, C. A.; DIAS, G. P.; HADDAD, F. Erros inerentes à medida do deslizamento em tratores 4/2 com o uso de sistemas eletrônicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBEA, 1998b. v. 3, p. 202-204.

VIOLIC, A. D.; KOCHER, F.; PALMER, A. F. E.; NIBE, Y T. Experimentación sobre labranza cero en maíz en la región costera del norte de Veracruz. In: BARRETO, H.; RAAB, R.; TASISTRO, A.; VIOLIC, A. D. (Ed.). **Labranza de conservación en maíz.** Mexico, DF: CIMMYT, 1989. p. 155.

WEAVER, H. A. Tractor use effects on volume weight of Davidson loam. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 31, p. 182-183, 1950.

WEIRICH NETO, P. H.; ROSA, A. L. T. da; GOMES, J. A. Compaction susceptibility of two classes of soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 349-353, 2002.

WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto no sul do Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 24., 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2000. 1CD-ROM.

WULFSOHN, D.; UPADHYAYA, S. K.; CHANCELLOR, W. J. Tractive characteristics of radial ply and bias ply tyres in a California soil. **Journal Terramechanics**, Oxford, v. 25, n 2, p. 111-134, 1988.

YAMAOKA, R. S. Equipamentos. In: SIMPÓSIO SOBRE ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1984, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1984. p. 55-81.

YANAI, K.; CORREA, I. M.; MAZIERO, J. V. G.; MENEZES, J. F de, PECHE, A. T. M. Desempenho comparativo de tratores com e sem tração dianteira auxiliar em pista de concreto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 17., 1988, Iperó, **Anais...** Iperó: SBEA, 1988. v. 2, p. 438-444.

YOUNG, S. C.; JOHNSON, C. E.; SCHAFER, R. L. Quantifying soil physical condition for tillage control applications. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 31, n. 3, p. 662-667, May/June 1988.

ZOZ, F. M. Predicting tractor field performance. **Transactions ASAE**, St. Joseph, v. 15, n. 2, p. 249-255, Mar./Apr. 1972.

ANEXOS

ANEXO A: Sugestões para o manejo das semeadoras

Das experiências profissionais obtidas na execução dos trabalhos de campo, na semeadura de milho, manuseando as três semeadoras, submetidas às três variações de velocidade de deslocamento, nas condições em que se desenvolveu o estudo, apresentam-se algumas sugestões o manejo na operação e na regulagem das semeadoras:

- 1) Operar sempre com a semeadora nivelada. O nivelamento pode ser checado em solo nivelado, medindo-se a altura da barra porta-ferramentas onde se acoplam às linhas de semeadura em relação à superfície do solo, nas partes frontais e traseiras da semeadora.
- 2) As dificuldades de penetração dos discos de corte no solo solucionam-se ajustando-se a sua posição de altura e pressão das molas.
- 3) Verificar, com cuidado, todos os componentes do dosador de sementes, selecionando-se os discos e anéis adequados ao tamanho comprimento, largura e altura das sementes.
- 4) Procurar observar se existem pequenas imperfeições no conjunto dosador, principalmente nas peças fundidas, que possam ocasionar danos nas sementes e falhas no plantio, se possível substitua-os por discos de PVC existentes no mercado local.
- 5) Percorrer um trecho de, pelo menos, 15 metros no campo e nas condições de operações e variações de velocidades, coletando sementes e fertilizantes em todas as linhas de semeadura. Se houver diferenças marcantes no número de sementes dosadas ou no peso de fertilizante, entre as linhas, provavelmente

existem problemas de montagem das máquinas, de desgaste ou quebra de peças, os quais podem ser corrigidos antes do início da semeadura para que não ocorra a invalidação dos dados por erros de calibrações.

6) Verificar, se todas as linhas atingem a profundidade desejada de trabalho. Se houver diferenças, observar o funcionamento de cada uma delas, principalmente das mais próximas às rodas da semeadora, pois, estas podem estar ocasionando algum bloqueio no movimento das linhas o que só pode ser observado durante a operação.

7) Observar as linhas que estão operando sobre o rastro dos rodados do trator e, caso necessário, aumentar a pressão nas molas das mesmas para uniformizar a profundidade de semeadura.

8) A velocidade de trabalho é muito importante para se obter a população de plantas desejada e movimentar menos o solo. Avaliar se, na velocidade selecionada, o número de sementes dosadas atinge o desejado, coletando-as, fechando o fundo do tubo de descarga e saída de sementes e retirando-as posteriormente.

9) Verificar a pressão dos pneus das semeadoras, dos pneus do trator e sua lastragem seguindo as recomendações dos fabricantes.

10) Verificar se as rodas compactadoras em “V” estão pressionando o solo sobre a semente. Se isso estiver ocorrendo, mudar sua angulação para que a pressão seja ao lado das sementes, para não comprometer o processo germinação das sementes e a velocidade de emergência das plântulas.

11) Lubrificar todos os pinos graxeiros das semeadoras e do trator durante o período de semeadura. Adicionar grafite no depósito onde estão as sementes no ato da semeadura, no caso de semeadoras de discos horizontais, para facilitar a rotação dos discos e diminuir os danos mecânicos nas sementes.