UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

PARÂMETROS DE SOLO, MÁQUINA E PLANTA EM FUNÇÃO DE DOSES DE RESÍDUOS VEGETAIS E PROFUNDIDADES DE DEPOSIÇÃO DE FERTILIZANTES EM SEMEADURA DIRETA

KARINA MARIE KAMIMURA
Dissertação de Mestrado

Porto Alegre, 2008

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

PARÂMETROS DE SOLO, MÁQUINA E PLANTA EM FUNÇÃO DE DOSES DE RESÍDUOS VEGETAIS E PROFUNDIDADES DE DEPOSIÇÃO DE FERTILIZANTES EM SEMEADURA DIRETA

KARINA MARIE KAMIMURA
Engenheira Agrônoma (UNESP)

Dissertação apresentada como
um dos requisitos à obtenção do
Grau de Mestre em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS), Brasil
Março de 2008

KARINA MARIE KAMIMURA
Engenheira Agrônoma – UNESP

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de

MESTRE EM CIÊNCIA DO SOLO

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil.

Aprovada em:
Pela Banca Examinadora

Homologado em:
por

RENATO LEVIEN
Orientador - PPG Ciência do Solo

RENATO LEVIEN
Coordenador - PPG Ciência do Solo

CARLOS RICARDO TREIN
Departamento de Solos/UFRGS

GILMAR A. BETTIO MARODIN
Diretor da Faculdade de Agronomia

Alberto Kazushi Nagaoka
Centro de Ciências Agrárias/UFSC

Carla Tatiana Chaves Cepik
Escola Estadual Técnica Agrícola
EETA/Viamão-RS.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar devo a minha gratidão a Deus, Pai e amigo de todas as horas.

A minha amada família, meu alicerce: minhas irmãs Melina e Sandra, em especial meus pais Tadaomi e Lourdes pelo incentivo, cuidado, preocupações e orações

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que através do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, do Departamento de Ciência do Solo possibilitou a realização do curso de mestrado

Ao professor Dr. Renato Levien pelos ensinamentos, disposição e amizade. A ele confesso toda a minha admiração e respeito como profissional e pessoa.

Ao professor Carlos Ricardo Trein, pela amizade, pelos inestimáveis ensinamentos pessoais e profissionais.

Aos professores da Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho – UNESP: Marlene Cristina Alves, Morel de Passos de Carvalho e Orivaldo Arf pelo exemplo de vida profissional e pessoal, e pelo crédito depositado em mim, ao fornecerem recomendação para o Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

À sociedade brasileira pelo apoio ao ensino público, gratuito, e de qualidade, possibilitando a minha formação profissional.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

À Direção da Estação Experimental Agronômica, pelo auxílio com maquinários, equipamentos e estrutura física disponibilizados.

Aos queridos amigos, Henrique Debiasi e Antônio A. P. Xavier pelas preciosas dicas na realização deste trabalho e, acima de tudo pela amizade.

Aos colegas da pós-graduação das áreas de mecanização agrícola e conservação do solo: Ândrea Franco, André Júlio Amaral, Bernardo Dalcin, Carla Cepik, Osmar Conte, Letícia Sequinato, Luciléia Gilles, Mirian Cristina Vergara, pela amizade, companheirismo.

Aos colegas, Alexandre Piana, Brenda Tonon, Eric, Flávio P. de Oliveira, Jean Boukounga, Jeane C. Portela, José Baptista, Luis de F. da S. Neto, Márcia D. Urbano, Michely Tomazi, Mirla A. Weber, Regilene A. da S. Souza, Rogério Pietrzacka, Samuel Figueiredo, Sérgio E. V. G. de Costa amizade, cumplicidade e apoio sempre sincero.

As minhas companheiras de república Ana Clara Vian e Maria Luisa Vian e principalmente a família Vian pelo carinho e amizade.

Aos bolsistas de Iniciação Científica: Michael Mazurana, Graziane Boakowicz e Jonatan Müller, pela valiosa contribuição nos trabalhos de campo e laboratório que originaram essa dissertação.

Aos funcionários Ozébio e Celso (EEA/UFRGS), pela grande ajuda no experimento de campo. Também ao secretário do PPGCS, Jader Amaro pela competência e dedicação, José da Silva (Zé), Paulo Ricardo, Denise, Jorge, Adão e Antonio pelo auxílio e pela amizade.

Á minha querida avó Kesano Kamimura (*in memorian*),

A todos aqueles que não foram mencionados, mas que de alguma forma me auxiliaram a concluir esta etapa de minha vida profissional.

Muito obrigado

PARÂMETROS DE SOLO, MÁQUINA E PLANTA EM FUNÇÃO DE DOSES DE RESÍDUOS VEGETAIS E PROFUNDIDADES DE DEPOSIÇÃO DE FERTILIZANTES EM SEMEADURA DIRETA [1]

Autor: Karina Marie Kamimura
Orientador: Prof. Dr. Renato Levien

RESUMO

O sistema de semeadura direta tem sido adotado como uma das estratégias mais eficientes para o controle da erosão e da degradação dos solos. Entretanto, a ausência de revolvimento em associação com o tráfego contínuo de máquinas e equipamentos pode resultar em efeitos detrimentais na estrutura do solo, causando perdas na sua qualidade para a produção agrícola. Com isso, a análise dos processos físicos e mecânicos do solo torna-se importante para a tomada de decisões a respeito do manejo do solo em sistema de semeadura direta a longo prazo. O presente trabalho objetivou obter informações sobre desempenho do conjunto trator-semeadora, do solo e avaliar a produtividade da cultura do milho, implantada em semeadura direta sobre resíduos de aveia preta e ervilhaca. A pesquisa foi conduzida na Estação Experimental Agronômica-UFRGS, no município de Eldorado do Sul, RS, sobre Argissolo Vermelho distrófico típico e conduzida em dois experimentos: com e sem irrigação suplementar. As doses utilizadas foram: 0; 1,32; 2,64; 3,25; 3,84; 5,12 Mg ha^{-1}, que constituíram os tratamentos principais (7 m x 5 m). Estes foram subsubdivididos, em função de profundidades de atuação dos sulcadores de fertilizantes da semeadora-adubadora (0,06 m e 0,12 m) e tráfego dos rodados do trator e colhedora. O delineamento foi o de blocos casualizados com parcelas subsubdivididas, com três repetições. Na operação de semeadura do milho, a patinagem dos rodados do trator aumentou com a profundidade de atuação do sulcador de fertilizante e com a dose de resíduo de vegetal sobre o solo. Os valores de força de tração e os de força de tração relacionados à área de solo mobilizada no sulco pelo sulcador de fertilizante, foram maiores na profundidade de 0,12 m, sem diferença em função das doses de resíduo. Nos locais em que houve tráfego controlado dos rodados do trator e colhedora, a densidade e a resistência do solo à penetração foram maiores do que naqueles sem tráfego, implicando, também, maiores valores de força de tração e força de tração específica medidos no sulcador de fertilizante da semeadora. A estatura das plantas, não foi influenciada pela irrigação e nem pelas doses de resíduo. Na ausência de irrigação, verificou-se maior produtividade de grãos da cultura do milho safrinha, quando o sulcador de fertilizante operou a 0,12 m.

---

[1]Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (115 p.) Março de 2008. Trabalho realizado com apoio financeiro da CAPES.

PARAMETERS OF SOIL, MACHINE AND PLANT IN FUNCTION OF AMOUNT THE VEGETAL COVER AND FERTILIZER DEPOSITION DEPTHS IN DIRECT DRILLING [2]

Author: Karina Marie Kamimura
Adviser: Prof. Dr. Renato Levien

ABSTRACT

No-tillage has been adopted worldwide a strategy to reduce negative effects from soil convencional tillage. However, no-tillage can cause detrimental effects on the soil structure leading to soil compaction and reduction of crop yield. Moreover, the functionality of the system by soil physical properties becomes important for decision making on the implantation and the management of no-tillage system. The objective of the research to evaluate the increase of knowledge about tractor-drill performance and maize grain yield when directly drilled on black oats and vetch cover-crop. Research was carried out at EEA-UFRGS (Eldorado do Sul) on an Oxissoil using irrigated and not irrigated plots. After harvesting oats and vetch, the residues were replaced on the plots (0; 1,32; 2,64; 3,25; 3,84 and 5,12 Mg $ha^{-1)}$, as main treatments (7 x 5 m). The plots were splitt-splitted in the subplots (0,06 m and 0,12 m), and two traffic conditions (combine and tractor whell traffic). Experimental design was randomized blocks with split-split-splot and three replicates. Parameters of soil, plant and machine data were collected and evaluated. Drilling corn, tractor slipage increased as furrow openers worked deeper and as residue cover grew bigger. Draft requirements were higher when working at 0,12 m, irrespective to the amount of soil cover residues. Draft behind tractor tracks was higher, as soil density, soil resistance to penetrometer and specific draft. These parameters were not related to residues. Under no irrigation, higher corn grain yield were attained when the furrow openers worked at 0,12 m depth. Using two different furrow openen depths, plant height showed no influence from irrigation on cover crop residues.

[2]M.Sc. Dissertation in Soil Science. Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (115 p.) March, 2008. Financial support by CAPES.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 3

2.1 Semeadura direta 3

2.1.1 Importância dos resíduos vegetais sobre o solo 4

2.1.2 Semeadoras-adubadoras de precisão para semeadura direta 7

2.1.3 Compactação do solo pelo tráfego de máquinas agrícolas.....9

2.1.4 Efeitos da compactação do solo sobre as culturas 12

2.1.5 Patinagem das rodas tratórias e força de tração 15

2.1.6 Importância do controle do tráfego de máquinas 17

2.1.7 Uso de hastes sulcadoras para a deposição do fertilizante 21

2.2 A cultura do milho safrinha.....23

2.2.1 Importância do regime hídrico e das condições climáticas 26

2.2.2 Sistema consorciado de espécies de cobertura de solo no inverno para anteceder a cultura do milho 28

3. MATERIAL E MÉTODOS 32

3.1 Localização e características climáticas da região da área experimental...32

3.2 Histórico de uso da área experimental.....32

3.3 Máquinas e equipamentos utilizados na instalação e condução do experimento.....34

3.4 Cultura de inverno.....36

3.5 Cultura de verão 37

3.6 Tratamentos 39

3.7 Avaliações e amostragens 40

3.7.1 Cobertura do solo 41

3.7.2 Massa seca da cobertura vegetal 41

3.7.3 Porcentagem de cobertura vegetal do solo 41

3.7.4 Atributos físicos do solo: índice de cone e umidade do solo 41

3.7.5 Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo 42

3.7.6 Patinagem das rodas tratórias 43

3.7.7 Profundidade máxima, área da seção transversal do sulco produzido pela haste sulcadora de fertilizante e volume de solo mobilizado 44

3.7.8 Força de tração na haste sulcadora de fertilizante da semeadora-adubadora 45

3.7.9 Força de tração por área da seção transversal de solo mobilizada pela haste sulcadora 46

3.7.10 Força de tração por profundidade de sulco 46

3.7.11 População de plantas de milho 46

3.7.12 Estatura das plantas de milho 46

3.7.13 Produtividade de grãos de milho safrinha 47

3.8 Delineamento experimental e análise estatística dos dados 47

3.8.1 Análise estatística para os parâmetros de solo 47

3.8.2 Análise estatística para os parâmetros de máquinas agrícolas 47

3.8.3 Análise estatística para os parâmetros da cultura do milho 48

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES 50

4.1 Massa seca da cobertura vegetal 50

4.2 Porcentagem de cobertura vegetal 52

4. 3 Atributos físicos do solo 54

4.4 Patinagem das rodas tratórias do trator 66

4.5 Profundidade máxima do sulco produzido pela haste sulcadora de fertilizante 67

4.6 Área da seção dos sulcos de semeadura 71

4.7 Força de tração na haste sulcadora de fertilizante 74

4.8 Força de tração por área da seção transversal do sulco mobilizado (FTA) 77

4.9 Força de tração por profundidade do sulco (FTP) 80

4.10 Número de plantas de milho safrinha aos 19 e 92 dias após a semeadura 83

4.11 Estatura de plantas de milho aos 60 dias após a semeadura.....86

4.12 Produtividade de grãos de milho safrinha.....88

5. CONCLUSÕES 94

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 95

7. APÊNDICES.....112

RELAÇÃO DE TABELAS

1. Sucessão de culturas implantadas na área experimental 33

2. Análise química de um Argissolo Vermelho distrófico típico, na profundidade de 0 a 0,20 m, antes da instalação do experimento. 34

3. Valores médios de matéria seca de resíduos (kg ha^{-1}) sobre o solo avaliado aos 104 e 196 dias após manejo. 50

4. Porcentagem de resíduos vegetais sobre o solo avaliado, em função da profundidade de atuação da haste sulcadora a 0,06 e 0,12m. 53

5. Valores médios de macroporosidade, microporosidade, porosidade total do solo e densidade do solo, nos locais sem tráfego, com tráfego do rodado do trator e da colhedora, em função das doses de resíduos antes da implantação da cultura do milho safrinha.....54

6. Valores médios de macroporosidade, microporosidade, porosidade total do solo e densidade do solo, nos locais sem tráfego, com tráfego do trator e da colhedora em função da camada de solo, antes da implantação da cultura do milho safrinha. 57

7. Valores médios de índice de cone (MPa) em função das doses de resíduos vegetais e tráfego controlado, antes da implantação da cultura do milho safrinha. 60

8. Valores médios de índice de cone (MPa) em função das camadas de solo e tráfego controlado antes da implantação da cultura do milho safrinha. 61

9. Valores médios de umidade do solo (kg kg^{-1}) em função das doses de resíduos vegetais realizada no momento da avaliação da resistência à penetração. 64

10. Valores de profundidade máxima média efetiva dos sulcos (cm) na operação de semeadura do milho safrinha, em função da profundidade efetiva do sulcador. 68

11. Valores de profundidade máxima média efetiva dos sulcos (cm) na operação de semeadura do milho safrinha, em função do tráfego de rodados. 69

12. Valores médios de área da seção dos sulcos (cm^2) na operação de semeadura do milho safrinha, em função da profundidade efetiva do sulcador. 71

13. Valores médios de volume de solo mobilizado (m^3 ha^{-1}) na operação de semeadura do milho, em função da profundidade do sulcador. 72

14. Valores médios de volume de solo mobilizado (m^3 ha^{-1}) na operação de semeadura do milho safrinha, em função do tráfego de rodado.....73

15. Valores de área da seção dos sulcos (cm^2) na operação de semeadura do milho safrinha, em função do tráfego de rodado.....73

16. Valores médios de força de tração (N) na haste sulcadora de fertilizante na operação de semeadura do milho safrinha, em função da profundidade efetiva do sulcador.....74

17. Valores médios de força de tração (N) na haste sulcadora de fertilizante, na operação de semeadura do milho safrinha, em função do tráfego de rodados.....75

18. Valores médios de força de tração por área da seção transversal do sulco mobilizado (N cm^{-2}) na haste sulcadora de fertilizante na operação de semeadura do milho safrinha, em função da profundidade efetiva do sulcador. 78

19. Valores médios de força de tração por área da seção transversal do sulco mobilizado (N cm^{-2}) na haste sulcadora de fertilizante, na operação de semeadura do milho safrinha, em função do tráfego de rodados. 79

20. Valores médios de força de tração por área (N cm^{-2}) na haste sulcadora de fertilizante na operação de semeadura do milho, em função do tráfego de rodados e profundidade efetiva do sulcador. 79

21. Valores médios de força de tração por profundidade (N cm^{-1}) na haste sulcadora de fertilizante na operação de semeadura do milho, em função da profundidade efetiva do sulcador. 81

22. Valores médios de força de tração por profundidade (N cm^{-1}) na haste sulcadora de fertilizante, na operação de semeadura do milho safrinha, em função do tráfego do rodado.....82

23. Valores médios de força de tração específica (N cm^{-1}) na haste sulcadora de fertilizante, na operação de semeadura do milho safrinha, em função do tráfego de rodado e profundidade da haste sulcadora. 82

24. Número de plantas de milho por hectare, avaliado aos 19 e 92 dias após a semeadura, em função das doses de resíduos e manejo da água.....83

25. Número de plantas de milho por hectare, aos 19 e 92 dias após a semeadura, em função da profundidade da haste sulcadora e manejo da água.....85

26. Número de plantas de milho por hectare, aos 19 e 92 dias após a semeadura, em função do tráfego de rodados e manejo da água.....85

27. Estatura média de plantas de milho (m) aos 60 dias após a semeadura, em função das doses de resíduos vegetais e manejo da água. 87

28. Estatura média de plantas de milho (m) aos 60 dias após a semeadura, em função da profundidade da haste sulcadora e manejo da água. 87

29. Estatura média de plantas de milho (m), aos 60 dias após a semeadura, em função do tráfego de rodados e manejo da água. 87

30. Produtividade média de grãos de milho (Mg ha^{-1}), em função das doses de resíduos vegetais e manejo da água. 88

31. Produtividade média de grãos de milho safrinha (Mg ha^{-1}), em função da profundidade de atuação da haste sulcadora e manejo da água. 91

32. Produtividade média de grãos de milho safrinha (Mg ha^{-1}), em função do tráfego de rodados e manejo da água. 92

RELAÇÃO DE FIGURAS

1. Esquema do controle de tráfego do trator e colhedora nas parcelas e subparcelas.. 40

2. Penetrômetro utilizado para determinação da resistência do solo à penetração em janeiro de 2007. 42

3. Vista frontal do perfilômetro.....44

4. Relação entre o índice de cone (0,00-0,06 m) e densidade do solo na camada de 0,03-0,06 m, após o manejo das plantas de cobertura. 59

5. Relação entre o índice de cone (0,06-0,12 m) e densidade do solo na camada de 0,12-0,15 m, após o manejo das plantas de cobertura. 59

6. Resistência do solo à penetração (kPa) em um Argissolo Vermelho distrófico típico, sem cobertura vegetal (tratamento testemunha). Setas de coloração branca referem-se aos tráfegos do trator e de coloração preta refere-se aos tráfegos da colhedora. 62

7. Resistência do solo à penetração em um Argissolo Vermelho distrófico típico, com 4 Mg ha^{-1} de cobertura vegetal. Setas de coloração branca referem-se aos tráfegos do trator e de coloração preta refere-se aos tráfegos da colhedora. 63

8. Resistência do solo à penetração em um Argissolo Vermelho distrófico típico, com 8 Mg ha^{-1} de cobertura vegetal. Setas de coloração branca referem-se aos tráfegos do trator e de coloração preta refere-se aos tráfegos da colhedora. 64

9. Relação entre o índice de cone (MPa) e umidade do solo (kg kg^{-1}) no tratamento sem cobertura vegetal, logo após o manejo de plantas de cobertura.....65

10. Relação entre o índice de cone (MPa) e umidade do solo (kg kg^{-1}) no tratamento com 4 Mg ha^{-1} de resíduo vegetal, logo após o manejo de plantas de cobertura. 65

11. Relação entre o índice de cone e umidade do solo no tratamento com 8 Mg ha^{-1} de resíduo vegetal, logo após o manejo de plantas de cobertura.....66

12. Reta de regressão linear para os valores de patinagem em função das doses de resíduos, com o sulcador de fertilizante atuando a 0,06 e 0,12 m. 66

13. Relação entre a força de tração (N) e índice de cone (MPa) na camada de 0,00-0,06 m.....76

14. Relação entre a força de tração (N) e índice de cone (MPa) na camada de 0,00-0,12 m.....77

1. INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto ou semeadura direta, amplamente difundido e utilizado para produção de grãos no Brasil, preconiza o cultivo em terreno não preparado por arados e grades, cuja superfície se mantenha com considerável quantidade de resíduos vegetais, condição esta favorecida quando se adota um programa adequado de rotação de culturas. Num sistema plantio direto consolidado, fica evidente a redução do número de operações agrícolas, destacando-se basicamente eventuais aplicações de corretivos no solo e, para o ciclo de culturas anuais, as operações de semeadura/adubação, pulverização, colheita e dependendo do tipo de cobertura vegetal, alguma operação adicional de manejo desta.

A manutenção de resíduos culturais sobre superfície do solo protege o mesmo contra o impacto direto das gotas da chuva, reduzindo as perdas por erosão hídrica e/ou eólica, mas pode comprometer a germinação e o desenvolvimento de plantas, bem como afetar o desempenho do conjunto mecanizado composto por trator e semeadora-adubadora. Isto porque uma quantidade demasiada de palha na superfície do solo pode prejudicar a operação de semeadura, pelo excesso de patinagem do trator, variação nas profundidades de sulcamento e de semeadura, e por possíveis embuchamentos nos órgãos sulcadores da semeadora-adubadora. Em contraposição, uma baixa quantidade de palha na superfície do solo pode ser ineficiente para a sua proteção quanto à erosão hídrica e/ou eólica.

Nos tempos atuais, questionamentos sobre a técnica de semeadura direta são freqüentes, principalmente quando se inter-relacionam solo, máquinas e plantas em rotação cultural. A quantidade de resíduos culturais adequada para uma boa cobertura do solo, sem afetar a germinação e o

desenvolvimento da cultura implantada, ainda é questionada e até o momento, poucas respostas estão claras. Diversos estudos vêm sendo realizados quanto à profundidade mais recomendável para colocação do fertilizante na linha de semeadura, e quanto ao sulco produzido pela semeadora-adubadora, em termos de profundidade efetiva e de falha.

A presente pesquisa teve como objetivos específicos: a) verificar o efeito das doses de resíduos vegetais e do tráfego de máquinas (zonas trafegadas pelo rodado do trator e colhedora e zonas sem tráfego) sobre os atributos físicos de um Argissolo; b) determinar o esforço de tração na haste sulcadora de fertilizante da semeadora-adubadora, bem como o grau de mobilização do solo, em função das doses de resíduos sobre o solo, da profundidade de atuação das hastes sulcadoras de fertilizante e em função de zonas com tráfego de rodados do trator e colhedora; c) verificar o desempenho do conjunto mecanizado durante a operação de semeadura direta; d) quantificar a patinagem dos rodados tratórios em função das doses de resíduos vegetais em duas profundidades de deposição do adubo; e) determinar o efeito das doses de resíduos vegetais, da profundidade de atuação da haste sulcadora de fertilizante e do tráfego dos rodados do trator e colhedora na produtividade de grãos da cultura do milho safrinha; f) verificar o efeito da irrigação em relação ao desempenho produtivo do milho safrinha; g) verificar o efeito das doses de resíduos vegetais sobre a superfície do solo quanto à cobertura do solo para o milho; h) fornecer subsídios sobre a cultura do milho safrinha em semeadura direta sobre um Argissolo Vermelho distrófico típico da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Semeadura direta

O sistema de plantio direto ou semeadura direta está consolidado como um sistema conservacionista do solo adaptado a diversas regiões, abrangendo diferentes níveis de tecnologia, sendo amplamente estudado. A semeadura direta é caracterizada pela mínima mobilização do solo restrita às linhas de semeadura, mantendo, sempre que possível, sua superfície coberta por palha e/ou vegetação.

O sistema de semeadura direta tem sido utilizado em diversas regiões do mundo como uma estratégia eficiente para o controle das perdas de solo e de água devido à erosão, ocupando cerca de 95 milhões de hectares de terras (No-Tillage, 2008).

A área sob semeadura direta no Brasil vem crescendo de forma exponencial, desde a implantação, no início dos anos 70. Dados obtidos pela FEBRAPDP (2008) mostram que a área manejada sob semeadura direta passou de pouco menos de 1 milhão de hectares na safra 1980/81 para cerca de 25,5 milhões em 2005/2006, o que representa um incremento de 2550%.

Mais de 80% dos produtores de grãos do Estado do Rio Grande do Sul adotam o sistema de semeadura direta (Farias & Ferreira, 2000; Embrapa, 2007). Esse sistema, iniciado há cerca de 30 anos e ampliado de forma mais efetiva nos últimos 15 a 20 anos, fundamenta-se na produção de grande quantidade de massa vegetal para cobertura de solo, prevenção da erosão hídrica, conservação e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, e no aumento de sua capacidade de armazenamento de

água. Atualmente, os sistemas de cultivo predominantes no sul do Brasil incluem os de soja, principalmente, de milho no verão, de aveia preta, predominantemente. A seqüência, a periodicidade de uso e a adequação dessas culturas variam entre os produtores.

De acordo com Gassen & Gassen (1996) a expansão da semeadura direta não pode ser creditada somente às vantagens advindas de sua adoção, que, englobam principalmente a diminuição das perdas de água e solo por erosão hídrica, o aumento no teor de matéria orgânica do solo e a redução dos custos com mão-de-obra e máquinas agrícolas. A adesão dos produtores agrícolas à semeadura direta só foi possível devido ao desenvolvimento de tecnologias que garantiram a exeqüibilidade desse sistema. Entre as referidas tecnologias, merece destaque o desenvolvimento de semeadoras-adubadoras aptas a cumprir com sua função de depositar os fertilizantes e as sementes de modo a garantir um estabelecimento adequado das culturas e o mínimo revolvimento do solo, mesmo na presença de cobertura vegetal na superfície do solo e, em muitos casos, de camadas compactadas que dificultam a penetração dos mecanismos sulcadores.

2.1.1 Importância dos resíduos vegetais sobre o solo

As plantas de cobertura exercem uma série de outros efeitos positivos dentro do sistema de produção em que se encontram inseridas (Florentín et al., 2001). De acordo com estes autores, os benefícios advindos do emprego destas plantas, em condições de semeadura direta, estão relacionados à cobertura da superfície do solo, à melhoria da fertilidade química e ao controle de invasoras, pragas e doenças. A cobertura do solo minimiza a formação de selamento superficial e crostas, as quais reduzem a capacidade de infiltração de água, aumentando assim as perdas de solo por erosão. A palha torna o caminho percorrido pelo escoamento superficial mais tortuoso, reduzindo a sua velocidade e, em conseqüência, a erosão hídrica. A presença de resíduos resulta ainda numa maior umidade do solo na superfície, além de diminuir a temperatura do solo. Em regiões e/ou períodos quentes, a

redução da temperatura do solo pelos resíduos facilita a absorção de água e nutrientes pelas plantas e estimula a atividade dos organismos do solo. No entanto, em regiões que apresentam pelo menos um período frio, a presença dos resíduos podem resultar em temperaturas do solo abaixo das ótimas à germinação das sementes e ao desenvolvimento das plantas. Isso ocorre com a cultura do milho no Rio Grande do Sul que, em alguns locais, vem sendo semeada no final do inverno, de forma a possibilitar a produção subseqüente de soja ou milho safrinha.

As culturas influenciam a cobertura do solo através do crescimento de plantas ou dos resíduos deixados na superfície, após terem completado seu ciclo vegetativo ou sido colhidas. Com o desenvolvimento das culturas, aumenta a porcentagem de cobertura do solo e esta varia em função do tipo de planta, densidade de semeadura, espaçamento e fertilidade do solo (Hudson, 1981).

A manutenção de cobertura sobre o solo, o incremento de matéria orgânica e o mínimo preparo possível preservam a estrutura superficial do solo e mantêm altas as taxas de infiltração de água, devido ao aumento da detenção superficial e a não formação de selamento pelo impacto das gotas de chuva (Derpsch et al., 1986; Levien et al., 1990).

O acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo pode, teoricamente, atenuar as cargas aplicadas pelas máquinas agrícolas, devido à sua elasticidade e ao aumento da área de contato efetiva entre o solo e os rodados (Soane, 1990).

Braida (2004) realizou um estudo com quantidades (0 a 12 Mg ha^{-1}) de palha de milho picada, foram colocadas sobre amostras de solo antes de serem submetidas ao ensaio de Proctor. Os resultados mostraram que a densidade máxima do solo diminuiu exponencialmente com o aumento na quantidade de palha sobre a amostra, de forma que, na maior dose de resíduo, cerca de 31% da energia de compactação foi dissipada.

Pesquisa realizada em condições de campo, mostram que os resíduos florestais possuem a capacidade de dissipar parte da pressão aplicada pelos rodados de um “Forwarder” (Silva et al., 2007). Quando se considera a palha proveniente de culturas anuais, a atenuação das cargas impostas pelos rodados não foi confirmada (Ess et al., 1998; Cepik, 2006), o

que pode estar relacionado à remoção dos resíduos pela patinagem dos rodados (Xavier, 2005; Cepik, 2006).

A natureza e o volume de resíduos culturais na superfície do solo podem afetar também o desempenho do disco de corte da palha das semeadoras, o que foi comprovado em trabalho realizado por Silva (2007). Este autor testou três tipos de discos de corte (liso, corrugado e ondulado) atuando sob diferentes cargas verticais e sobre resíduos de milho, sorgo, aveia preta, triticale e nabo. Os resultados mostraram que as maiores profundidades e áreas de solo mobilizadas, menores valores de força horizontal e vertical, independentemente da carga vertical e do tipo de disco, ocorreram para o nabo, que foi a cultura com menor produção de massa seca. As diferenças entre as demais coberturas, com relação à profundidade de penetração e área de solo mobilizado, foram pequenas. Porém, os resíduos de milho e de sorgo resultaram em um maior requerimento de força horizontal e vertical em relação às demais coberturas, evidenciando que a palha destas culturas apresenta uma maior resistência ao corte.

Bertol et al. (1998) avaliaram a persistência dos resíduos de milho e aveia sobre a superfície do solo, em semeadura direta. Verificaram que, ao final do experimento, a massa de resíduos de milho era superior à dos resíduos de aveia. A maior quantidade de resíduos de milho existente no início do experimento, em relação aos de aveia, foi determinante para este resultado, apesar da taxa média de decomposição do resíduo cultural de milho ter sido maior que a da aveia.

Além disso, a presença de uma grande quantidade de resíduos vegetais na superfície do solo na semeadura tende a aumentar a freqüência de embuchamentos (Derpsch et al. 1986), o que diminui a capacidade operacional e compromete a qualidade do trabalho das semeadoras. A dificuldade de secagem do solo quando este se encontra recoberto por uma grande quantidade de material vegetal pode levar o produtor a executar a semeadura sob teores de água superiores ao limite de plasticidade. Neste caso, a aderência de solo às hastes pode aumentar a força de tração (Casão Junior et al., 1998; Cepik, 2002).

O emprego de plantas de cobertura afeta também o desempenho do conjunto trator/semeadora. Por um lado, sendo verdadeiro que as plantas de

cobertura diminuam o grau de compactação do solo, a tendência é que ocorra uma redução na força de tração requerida pelas hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras. Esta afirmação é respaldada pelos resultados obtidos por Beutler (2005), os quais indicaram que, na semeadura do milho em um Argissolo, areno-franco-argiloso, o requerimento de força de tração pelas hastes sulcadoras de fertilizante foi de 0,87 kN para o pousio de inverno, enquanto que, nas parcelas ocupadas por aveia preta e aveia preta+ervilhaca, este valor caiu para 0,75 kN.

2.1.2 Semeadoras-adubadoras de precisão para semeadura direta

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1994), as semeadoras são classificadas, segundo a forma de distribuição de sementes, em semeadoras de precisão e semeadoras de fluxo contínuo. As semeadoras de precisão são máquinas que distribuem as sementes no sulco de semeadura, uma a uma ou agrupadas, em linha e intervalos regulares de acordo com a densidade de semeadura estabelecida. Semeadoras de fluxo contínuo são equipamentos que distribuem de forma contínua as sementes, principalmente as sementes miúdas que requerem menores espaçamentos entre si.

A operação de semeadura/adubação é decisiva para o estabelecimento de culturas anuais para produção de grãos. Em preparos conservacionistas sua importância aumenta, visto que as condições de solo e de cobertura geralmente são menos favoráveis à deposição das sementes que as verificadas nos preparos com intensa mobilização (Portella et al., 1993).

De acordo com Derpsch et al. (1991) as semeadoras-adubadoras para plantio direto devem ter capacidade para cortar restos vegetais e romper o solo não preparado; elementos de corte, adubação e semeadura que evitem embuchamentos por restos culturais; possibilidade de regulagem de profundidade, densidade de semeadura e espaçamentos entre linhas; rodas

compactadoras para fechar os sulcos e compactar o solo ao redor das sementes, protegendo-as de ressecamento e ataque de pássaros e roedores.

Cardoso (2001) relatou que os produtores rurais revelaram como sendo os maiores problemas em relação à semeadura direta a deficiência de germinação, estresse de plântulas, excessiva mobilização do solo e desgaste dos órgãos ativos das máquinas.

A semeadura adequada é aquela onde a diferença entre a quantidade de plantas possíveis de serem obtidas e as emergidas é mínima, o espaçamento entre elas é uniforme e o tempo necessário para emergência de toda a população de plântulas seja mínimo (Maroni et al., 2005).

A escolha de um sistema de cultivo é complexa, e varia conforme a região, tipo de solo e condições climáticas. Assim, métodos de preparo do solo e sistemas de manejo da cobertura vegetal tornam-se ferramentas importantes no auxílio da conservação do solo. O sistema de semeadura direta é um método que visa maior conservação do solo e diminuição do tráfego de máquinas, tendo como princípio, a semeadura diretamente em solo não revolvido (Furlani et al., 2004).

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

A utilização adequada de máquinas e equipamentos agrícolas melhora a eficiência operacional, aumenta a capacidade efetiva de trabalho, facilita as tarefas do homem no campo, possibilita a expansão das áreas de cultivo, proporciona melhores produtividades e permite atender ao cronograma de atividades em um tempo hábil (Modolo, 2003).

Beutler et al. (2003) avaliaram a demanda de tração exigida por uma haste sulcadora tipo facão, em função do tipo de cobertura residual do solo (campo nativo dessecado, aveia + ervilhaca), número de linhas de semeadura (cultura do milho e da soja, com três e cinco linhas, respectivamente) e da profundidade de atuação da mesma para deposição de adubo (0,06 e 0,12 m). Verificaram que os maiores valores de força de tração foram obtidos na semeadura direta sobre o campo nativo dessecado e os menores sobre

culturas de cobertura de inverno. O número de linhas e a profundidade de semeadura afetaram os esforços requeridos na tração do sulcador de fertilizante tipo facão.

Para efetuar corretamente suas funções, é necessário que os elementos sulcadores não estejam desgastados, pois desta maneira tendem a abrir sulcos com profundidade e formato irregulares (Machado et al., 1996).

As sementes devem permanecer na profundidade desejada, a distâncias uniformes, e em contato íntimo com o solo, para que absorvam água. Devem, ainda, estar recobertas com solo, e este, com palha sobre o sulco, pois o solo descoberto aquece e perde água mais rapidamente, e pode ocasionar o selamento superficial, erosão. (Casão Junior et al., 2004).

Silva (2000) concluiu que a velocidade de deslocamento não influi na uniformidade de distribuição de sementes das culturas de milho e soja. Klein et al., (2002) apresentaram resultados semelhantes, e afirmaram que o aumento de velocidade não afetou o percentual de espaçamentos duplos e falhos, nem a produtividade da cultura da soja. Entretanto, Delafosse (1986) trabalhando com semeadoras Apache, relatou que a velocidade na operação de semeadura foi um dos parâmetros que mais influenciou no desempenho das semeadoras, especialmente na distribuição longitudinal de sementes no sulco de semeadura, e, por sua vez, na produtividade das culturas anuais, devido ao tipo de dosador utilizado.

Um outro fator relacionado ao uso e desempenho de máquinas agrícolas na semeadura direta é a influência dos rodados de tratores sobre o solo. A utilização do trator numa propriedade é variada, devendo-se considerar que tipos de pneus e pressões de inflação inadequadas podem induzir a compactação do solo (Mazetto et al., 2004).

2.1.3 Compactação do solo pelo tráfego de máquinas agrícolas

Nas últimas décadas verificou-se, em todo o mundo, o aumento da utilização de máquinas agrícolas, assim como da carga aplicada ao solo pelas mesmas, o que tem colaborado para a degradação física, principalmente na

subsuperfície do solo (Horn et al., 2000). Pode-se citar que a compactação do solo se dá de forma diferenciada, onde a incidência de compactação no horizonte superficial do solo é determinada pela pressão de contato entre o solo e as rodas, enquanto que em subsuperfície a carga do eixo torna-se o fator mais importante (Hakansson e Voorhees, 1998). Além disso, a compactação depende da textura do solo (Imhoff et al., 2004), do conteúdo de carbono orgânico (Stone e Ekwue, 1995), do teor de água do solo durante as operações de campo (Horn et al., 1995) e da freqüência e intensidade com que a carga é aplicada no solo pelas máquinas e implementos (Chamen et al., 2003). Desta forma o estudo da compactação do solo torna-se abrangente e complexo em todo cenário agrícola.

O tráfego contínuo de máquinas e a ausência de revolvimento do solo têm acarretado a compactação do solo, formando camadas compactadas. Isto tem sido verificado em diferentes solos e condições climáticas (Fabrizzi et al., 2005). Por outro lado, alguns estudos têm evidenciado que o sistema de semeadura direta promove melhorias significativas na retenção de água, na estabilidade de agregados e no controle da temperatura, em comparação com sistemas convencionais de preparo do solo (Rhoton, 2000).

Isto indica que mesmo que ocorra compactação do solo sob plantio direto, a mesma nem sempre implica em redução da produtividade das culturas, o que pode ser ressaltado através dos estudos realizados por Cardoso et al (2006). Estes autores indicam que camadas mais compactadas no solo não afetaram a produtividade de grãos e a produção de matéria seca na cultura da soja. No entanto, os estudos de Ferreras et al (2000) verificaram redução no crescimento de raízes de trigo, na produção de matéria seca e no rendimento de grãos, devido à compactação do solo sob sistema de semeadura direta.

A análise do comportamento da estrutura do solo decorrente da compactação, pode ser feita por propriedades físicas do solo que traduzem as alterações na distribuição do tamanho de poros. Essas alterações resultam no rearranjo das partículas e/ou agregados em função da pressão aplicada ao solo. As propriedades físicas do solo mais frequentemente utilizadas nestes estudos são a densidade do solo, porosidade do solo, resistência mecânica do

solo à penetração de raízes, condutividade hidráulica, permeabilidade do solo ao ar etc. (Sweeney et al., 2006).

Vários são os fatores que influenciam a produtividade das culturas. Entre estes, as propriedades físicas do solo se destacam por serem modificadas pelo uso de máquinas e implementos e por afetarem positiva ou negativamente o crescimento das plantas, bem como os processos químicos e biológicos no solo. As modificações nas propriedades físicas do solo decorrentes do tráfego de máquinas nas operações agrícolas têm sido amplamente estudadas (Schäffer et al., 2007), ressaltando-se os efeitos negativos da compactação do solo sobre a produtividade das culturas. Nas últimas décadas, a mecanização das operações agrícola tem se intensificado, resultando num aumento na carga aplicada pelas máquinas, provocando, na maioria dos casos, a degradação física do solo em superfície e subsuperfície (Horn et al., 2000).

Schäfer-Landefeld et al., (2004) investigaram o efeito de máquinas pesadas, como colhedora de beterraba açucareira, em propriedades físicas do solo com ampla variação de classe textura sob preparo convencional e verificaram um incremento significativo da densidade após a passagem das maquinas em seis dos 10 locais amostrados. Sweeney et al. (2006) estudaram o efeito da compactação em um solo franco siltoso na linha e entrelinha do rodado do trator usado no preparo do solo e constataram que no rodado do pneu do trator a densidade media foi acima de 1,65 Mg m^{-3}.

Resultados obtidos por Castro Neto (2001), indicaram que a camada de solo que apresenta imediatamente o efeito compactante causado pelo tráfego de um trator agrícola está situada entre a superfície e algum ponto entre 0,10-0,20 m de profundidade.

O processo de compactação resulta da ação de forças mecânicas, vindas do tráfego de máquinas e/ou do pisoteio de animais sobre o solo e da ação da água de percolação no perfil do solo, transportando partículas (Kochhann et al., 2000). O tráfego de máquinas agrícolas aumenta a densidade do solo e diminuiu a porosidade total (Tormena et al., 1998; Silva et al., 2003).

Quando as tensões efetivas aplicadas pelo tráfego de máquinas agrícolas ultrapassam a capacidade de suporte de carga do solo, observa-se uma redução do volume de macroporos, enquanto que o de microporos

permanece inalterado ou até mesmo aumenta. Quando o tráfego não é muito intenso e/ou realizado sob condições de solo seco, os macroporos podem ser reduzidos a mesoporos (Tormena et al., 1998; Silva et al., 2003)

As propriedades mecânicas do solo também são modificadas pelo tráfego de máquinas agrícolas. Em geral, observa-se que a capacidade de suporte de carga de solo, estimada pela tensão de pré-consolidação, é maior em áreas submetidas ao tráfego de rodados de tratores e colhedoras (Silva et al., 2003; Cepik, 2006).

A propagação das tensões é determinada ainda pela heterogeneidade do perfil do solo. Camadas compactadas em subsuperfície podem confinar as tensões a profundidades menores, evitando a compactação em camadas mais profundas (Tormena et al., 1998;).

O efeito do teor de água sobre a compactação induzida pelo tráfego de rodados foi avaliado por Tarawally et al. (2004). Estes autores observaram um maior grau de compactação quando o tráfego (sete tráfegos de um trator com massa total de 10 Mg e pressão de contato de 83 kPa) foi realizado com o solo na umidade correspondente à capacidade de campo, seguido da condição saturada e seca.

Mosaddeghi et al. (2000) concluíram que o grau de compactação induzido na camada de 0-0,3 m pelo tráfego de um trator com massa total de 3,69 Mg e pressão de inflação dos pneus traseiros igual a 105 kPa aumentou quando o teor de água passou de 60 para 100% do limite de plasticidade (LP). Os mesmo autores verificaram ainda que o tráfego na umidade equivalente a 60% do LP não resultou no aumento da compactação do solo em relação ao controle sem tráfego.

2.1.4 Efeitos da compactação do solo sobre as culturas

As diferentes cargas aplicadas ao solo através das máquinas influenciam a estrutura do solo que, além da sua variabilidade natural, adiciona os efeitos negativos decorrentes do aumento da densidade do solo, ou alternativamente redução da porosidade do solo com conseqüente mudança na

distribuição do tamanho de poro, tanto espacialmente quanto em profundidade. No entanto, em função das oscilações climáticas que determinam a disponibilidade temporal de água no solo, nem sempre se verifica efeitos detrimentais da compactação na produtividade das culturas.

A dinâmica de alguns nutrientes também é influenciada pela compactação do solo, o que pode provocar deficiências nutricionais nas plantas. Este fato é especialmente importante para o caso do nitrogênio, uma vez que a dinâmica deste macronutriente está intimamente ligada à atividade microbiana e, conseqüentemente, à disponibilidade de oxigênio (Moreira & Siqueira, 2006).

A compactação afeta também a disponibilidade de água às plantas. Devido à baixa capacidade de infiltração, o volume de água proveniente da chuva que é efetivamente armazenado no solo tende a ser menor quando o mesmo se encontra compactado (Brandão et al., 2006). Ao mesmo tempo, a compactação diminui o diâmetro dos poros o que aumenta a energia com a qual a água é retida (Reichardt & Timm, 2004). Isto, aliado à menor condutividade hidráulica geralmente observada em solos excessivamente compactados (Silva et al., 2003), pode dificultar o movimento de água do solo até a planta.

Rosolem et al. (1994) conduzindo experimento em vaso, utilizando um latossolo de textura média, mostraram que a compactação do solo afetou o crescimento radicular, mas não afetou a produção de matéria seca total e a parte aérea de plantas de milho. Gediga (1991) constatou que, em níveis considerados intermediários de compactação do solo, houve incrementos no acúmulo de massa na parte aérea do milho. Para Bennie (1996), é difícil generalizar conclusões, pois a influência da compactação do solo sobre o crescimento radicular é decorrente de diversos fatores, que dependem das características genéticas das plantas, das condições ambientais e do estádio de desenvolvimento do vegetal.

Foloni (2003), também conduzindo um experimento em vaso, utilizando um Latossolo de textura arenosa, observou que o impedimento físico em subsuperfície, alterou a distribuição do sistema radicular das plantas de milho ao longo do perfil do solo, porém, não diminuiu a produção total de raízes. Uma camada compactada com resistência à penetração da ordem de

1,4 MPa e umidade do solo com 135 g kg^{-1}, impediu que o sistema radicular do milho atravessasse essa camada e se desenvolvesse em profundidade. O diâmetro médio radicular das plantas de milho apresenta alta correlação com o desenvolvimento das raízes dentro da camada de solo compactado.

O manejo do solo e o tipo de preparo podem promover compactação do solo, o qual pode influenciar no desenvolvimento de culturas agrícolas.

Bortolotto et al. (2002) avaliaram em um Latossolo Bruno distrófico, o grau de compactação do solo, a emergência a campo e o índice de velocidade de emergência de seis cultivares de soja, em semeadura direta e em preparo convencional. O menor grau de compactação do solo no preparo convencional proporcionou melhor emergência da soja, mas o índice de velocidade de emergência não teve esse mesmo comportamento. A cultivar que melhor se desenvolveu inicialmente foi a BR-135, na semeadura direta, e a BR-136, no preparo convencional.

A resposta de culturas anuais produtoras de grãos em relação à compactação tem se mostrado, às vezes, contraditória. Radford et al. (2001) encontrou redução na produtividade de grãos de trigo e milho para os tratamentos que receberam compactação pelo tráfego de máquinas na superfície do solo. Bicki & Siemens (1991) encontraram que a produtividade da soja e do milho respondeu positivamente ao tráfego, quando a precipitação pluvial foi limitante, e negativamente, quando a precipitação foi adequada.

Avaliando a produção de matéria seca da parte aérea e de raízes, e comprimento e diâmetro radicular da soja em razão da sucessão de cultivos e da compactação do solo. Silva & Rosolem (2002) observaram que o cultivo anterior com aveia-preta, guandu e milheto favoreceram o crescimento radicular da soja abaixo de camadas compactadas do solo, e, independentemente do nível de compactação, o cultivo anterior do solo com qualquer uma das espécies estudadas beneficiou a produção de matéria seca da parte aérea da soja.

2.1.5 Patinagem das rodas tratórias e força de tração

A patinagem das rodas motrizes nos tratores pode ser obtida através da diferença entre as suas rotações com e sem carga no trator, representando os percursos do trator tracionando um implemento e aquele nas mesmas condições depois de desacoplado o implemento (Mialhe, 1996).

Para que ocorra tração em solos agrícolas é necessário que ocorra patinagem. Porém, ultrapassando certo limite, pode ocorrer perda de contato dos rodados com o solo e redução de tração. Vários fatores podem influenciar na patinagem de rodados de tratores, como tipos de pneus e de bandas de rodagem, pressão de inflação e carga sobre os mesmos, e condições de solo, como textura, declividade, teor de água, e tipo, quantidade e forma de distribuição de resíduos culturais e/ou vegetação sobre a superfície do solo (Lanças, 1997).

Dentro de cada condição específica, diferentes exigências em esforço de tração podem determinar maior ou menor patinagem. Em semeadoras-adubadoras, o maior esforço de tração pode ocorrer pela maior profundidade de atuação dos discos de corte e dos sulcadores para adubação e semeadura (ASAE, 1996).

Herzog et al., (2002), ao avaliarem a patinagem do trator na operação de semeadura em duas profundidades de deposição de adubo (0,06 e 0,12 m), observaram que a patinagem das rodas motrizes do trator foi 56% maior na profundidade de 0,12 m em relação à profundidade de 0,06 m.

A patinagem dos rodados tratórios aumenta em função do incremento da massa de resíduos na superfície do solo (Herzog, 2003; Xavier, 2005; Cepik, 2006). Estes resultados também foram confirmados pelo trabalho realizado por Fey et al., (2002), que concluíram que a patinagem dos rodados de um trator 4x2 tracionando uma semeadora-adubadora de semeadura direta foi inferior na área com milho (6,7%) em relação à observada na ocupada por aveia (10,0%), devido a menor cobertura do solo por resíduos culturais de milho.

Gabriel Filho et al., (2004) avaliaram o efeito de diferentes coberturas sobre a patinagem de um trator 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar) tracionando um escarificador de cinco hastes atuando a uma profundidade

média de 0,30 m. Durante os ensaios, a TDA (tração dianteira auxiliar) foi mantida desligada. Os resultados mostraram que os maiores valores de patinagem (0,21 m m^{-1}) foram observados para a aveia preta, e os menores para área sem cobertura (0,14 m m^{-1}). As demais coberturas (nabo, ervilhaca e nabo+aveia) apresentaram valores intermediários de patinagem (aproximadamente 0,17 m m^{-1}).

A ASAE (1999) recomenda, para obtenção de máxima eficiência de tração, em trator com TDA patinagem de 8% a 10% em solos não mobilizados, e de 11% a 13% em solos mobilizados.

Cepik et al. (2002b), avaliaram a patinagem dos rodados traseiros de um trator, com TDA, tracionando uma semeadora-adubadora montada de cinco linhas, em duas velocidades de deslocamento, duas profundidades de atuação do sulcador facão e em três condições de umidade do solo (seco, friável e úmido). Constataram diferença significativa na patinagem dos rodados de tração do trator em função do aumento da profundidade de trabalho do sulcador. A velocidade de deslocamento influenciou a patinagem na condição de seco e friável, com maiores valores na maior velocidade testada.

Nagaoka et al., (2002) avaliaram a patinagem dos rodados tratórios de um trator 4x2 tracionando uma semeadora adubadora para semeadura de aveia preta, sobre três sistemas de manejo do solo (semeadura direta, escarificação e preparo convencional), com uma velocidade de deslocamento de 5 km h^{-1}. Como resultados encontraram que a patinagem foi influenciada pelo sistema de preparo do solo, com maiores valores no preparo convencional (12,3%), intermediários na escarificação (10,2%) e inferiores na semeadura direta (5,9%).

Em um estudo sobre o efeito do disco de corte de resíduos quando utilizado o sulcador tipo facão, Levien et al. (2004) verificaram que o disco de corte de resíduos, operando a 0,05 m de profundidade, reduziu o embuchamento pela diminuição do acúmulo de resíduos nas hastes, e promoveu uma redução de 50% no esforço de tração medido na haste sulcadora em área sob campo nativo.

O aumento da patinagem pode incrementar o grau de compactação induzido pelos rodados tratórios, porque à pressão de contato pneu/solo é

adicionada à deformação produzida pelas tensões cisalhantes aplicadas pelos rodados (Sánchez-Girón, 1996).

Xavier (2005), em estudo realizado sobre um Argissolo Vermelho, textura areno-franco-argilosa, concluiu que a força de tração demandada por hastes sulcadoras de adubo, em semeadura direta, foi praticamente 100% maior nas áreas submetidas a tráfego do que nas não trafegadas.

Conte et al. (2007), trabalhando em um Latossolo muito argiloso, obtiveram que a demanda de força de tração de hastes sulcadoras para deposição do adubo, sob condição de semeadura direta, correlacionou-se de forma positiva e significativa com a resistência à penetração na profundidade de 0,12 e 0,15 m.

2.1.6 Importância do controle do tráfego de máquinas

Laguë et al., (2003) definem tráfego controlado como um sistema de produção no qual a área de cultivo e as pistas de tráfego são distintas e permanentemente separadas. Dessa forma, as pistas de tráfego são propositalmente compactadas e podem resistir ao tráfego adicional sem se deformar, aumentando assim a eficiência de tração dos pneus. Por sua vez, as áreas de produção entre as pistas são usadas exclusivamente para o plantio não sofrendo compactação pelo tráfego de veículos. Assim, a compactação é virtualmente eliminada, com exceção do adensamento do solo e da provocada pelos implementos agrícolas, a qual fica, entretanto, minimizada no sistema de tráfego controlado. Outro benefício potencial do sistema de tráfego controlado é a eliminação da necessidade de tratores de grande potência necessários às operações pesadas de cultivo, tais como subsolagem e escarificação.

O tráfego controlado consiste numa forma de controle do tráfego de máquinas e implementos agrícolas, concentrando a passagem dos rodados sempre em uma mesma zona da superfície do solo. Esta concentração do tráfego busca uma otimização do uso do solo. Os locais de cultivos agrícolas não são propriamente adequados para o desenvolvimento de tração dos rodados do trator (o potencial de tração é melhor em solo mais compacto), e da

mesma forma, os locais de tráfego de rodados podem apresentar uma estrutura imprópria para o desenvolvimento satisfatório de culturas agrícolas. Embora a área do solo atingida pelo tráfego seja menor, a intensidade é mais elevada (Trein et al., 2005).

Os mesmos autores chamam a atenção para um componente fundamental para que se tenha sucesso com a adoção deste sistema, que é o uso dos implementos com as mesmas larguras ou em larguras múltiplas. Portanto, deve-se tentar diminuir as áreas trafegadas pelo ajuste das bitolas de todas as máquinas empregadas na produção da cultura. Como exemplo, pode-se citar o caso de um trator que opera com uma semeadora de seis linhas de semeadura espaçadas em 0,75 m. Se este trator estiver com uma bitola de 1,5 m, e a colhedora estiver com uma bitola de 3 m, serão atingidos 44% da área semeada.

Ao aumentar a bitola do trator para a mesma da colhedora, apenas 17% da área será atingida. Assim, os benefícios obtidos a partir da adoção do tráfego controlado passam pela redução do uso de combustível, em razão da menor oposição ao avanço das máquinas, e pelo melhor rendimento da tração, em razão do tráfego sobre solo mais compactado. Isto significa também, que o potencial de tração do solo (interface trator-solo) melhora. Outro benefício imediato é a menor demanda de energia necessária, para tracionar a semeadora, uma vez que os órgãos sulcadores estarão trabalhando em área que não é submetida ao tráfego.

No sistema de semeadura direta, há uma significativa redução do número de máquinas e, conseqüentemente, do tráfego de rodados sobre a superfície do solo, em relação aos demais preparos. No entanto, nesse sistema não ocorre revolvimento cíclico da camada superficial, podendo esta se compactar ou recompactar com o tempo de utilização. Esse efeito no solo, provocado pelo tráfego cumulativo de máquinas, foi relatado por Hakansson & Medvedev (1995), Klein & Boller (1995), e Levien (1999), notadamente até os primeiros 0,20 m de profundidade, em solos com teores de argila superiores a 35-40%.

A utilização do sistema de tráfego controlado representa uma alternativa interessante ao cultivo mecanizado convencional, visto que há uma redução total ou quase total na freqüência de máquinas sobre a área de

plantio. Laguë et al., (2003) relatam que com a eliminação do tráfego nas áreas de cultivo há uma enorme contribuição para aumento da produtividade. No entanto Raper & Kirby (2006) afirmam que, apesar dos benefícios advindos com a adoção do sistema de tráfego controlado, o aumento da produtividade depende de inúmeros fatores tais como distribuição de chuvas, condições de solo e espécies de plantas.

Um sistema de tráfego controlado pode diminuir as exigências por energia associadas às operações de campo, pois a adoção de pistas de tráfego permanente proporciona melhor tração e sustentação aos veículos do que em solo solto. Além do que, com menor resistência mecânica do solo nas áreas de cultivo (não-trafegáveis), a força requerida pelos implementos de plantio e cultivo também diminui. Laguë et al., (2003) verificaram que nestas pistas de tráfego permanente a resistência ao rolamento da roda diminuiu e o coeficiente de tração aumentou, resultando em 13% de aumento na eficiência de tração.

Além dos efeitos positivos na compactação do solo e na tração das máquinas, a adoção de um sistema de tráfego controlado também tem influência positiva com relação a custos e produtividade. Um estudo sobre tráfego controlado nas culturas de milho, trigo e sorgo, realizado pela ACIAR (1998) na Austrália, mostrou que a produtividade média dos grãos cultivados sob tráfego controlado foi 16% maior do que quando cultivados de maneira convencional, ilustrando o consistente aumento no rendimento da produção que acontece quando o solo não está sujeito ao tráfego anual das rodas dos tratores. Este estudo avaliou dois sistemas de produção: cultivo convencional sem tráfego controlado e plantio direto com tráfego controlado. Para as áreas onde se utilizou o sistema de tráfego controlado a renda total foi cerca de 30% maior. O parâmetro que teve maior redução foi o custo com combustível, reduzindo em quase 60%, no caso do tráfego controlado. Como há melhoria da estrutura do solo pela diminuição da compactação resultante do tráfego, há redução significativa na exigência de operações que exigem altas demandas energéticas, como aração e subsolagem, implicando em menor necessidade de tratores mais potentes para tal fim.

Outro fator muito importante a ser considerado é que condições de solo úmido podem retardar ou até impedir que as máquinas entrem na área de cultivo, resultando em perdas de produção ou qualidade. Isto é muito crítico

para algumas culturas onde há um período curto para realizar certas operações, tais como colheita e pulverizações. Com adoção do sistema de tráfego controlado há uma melhora da acessibilidade no campo pelas máquinas e, consequentemente, da eficiência da operação, tornando possível que os veículos retornarem mais cedo às áreas de cultivo após alguma precipitação, permitindo completar operações de campo mais rapidamente.

Por outro lado, o custo de investimento inicial é mais elevado neste sistema, devido ao alto custo dos equipamentos e às modificações e manutenção das áreas também deve-se levar em conta a perda da área de produção que for destinada exclusivamente ao tráfego. A dificuldade inerente de implantar tais sistemas em terreno de maior declividade por causa de considerações de estabilidade também torna-se uma das principais desvantagens (Laguë et al., 2003).

Jorajuria et al., (2000) cita haver um número crítico de passadas num mesmo local, a partir do qual não haveria mais diferenças entre a aplicação de mais ou menos carga ao solo.

Botta et al. (2000) ressaltam que na primeira passada dos rodados interessa a pressão de contato pneu-solo, independentemente da sua capacidade de suporte. A partir de 10 passadas, o peso sobre o rodado seria o responsável pela imposição de compactação superficial e subsuperficial ao solo.

Trafegando repetidamente sobre as mesmas áreas, procura-se prevenir a compactação do solo, evitando que a mesma ocorra de maneira dispersa no solo. Nesse sentido, Unger (1996) aponta que a densidade do solo e a resistência à penetração foram maiores nas zonas de tráfego de rodados do que nas áreas sem tráfego, em uma área com semeadura direta de aveia e sorgo em rotação, sob condições limitadas de irrigação.

Trabalhos realizados na Austrália e nos Estados Unidos mostram que, enquanto em preparo convencional o tráfego ocorre em até 86% da área, em semeadura direta este valor reduz para 46%, e em áreas com tráfego controlado, somente 17% da área é atingida pelos rodados. Há relatos de 9 a 16% de aumento de produtividade em culturas agrícolas, apenas pela adoção de tráfego controlado (Trein et al., 2005), o que pode viabilizar seu emprego em áreas mais favoráveis em termos de relevo e extensão.

Também é importante controlar o tráfego de veículos de carga como caminhões, reboques e graneleiros, que efetuam as operações de transporte de insumos e da produção agrícola, pelos mesmos motivos já mencionados, com o agravante de geralmente apresentarem rodados com pneus mais estreitos, e inflados a grandes pressões, o que aumenta a pressão de contato com o solo.

Para Fenner (1999), fazendo um estudo de tráfego controlado em solos da Amazônia, verificou que as maiores deformações no solo ocorrem logo após a primeira passagem da máquina, sendo os efeitos das passagens subseqüentes mais reduzidos. A estimativa é que as pressões médias aplicadas aos solos pelas máquinas agrícolas se situam entre 50 e 300 kPa.

2.1.7 Uso de hastes sulcadoras para a deposição do fertilizante

O uso de hastes sulcadoras pode reduzir o efeito da compactação do solo. Em sistema de semeadura direta, hoje é freqüente o uso de hastes sulcadoras para deposição do adubo em substituição aos discos duplos, operando a maiores profundidades. Tal procedimento possibilita o rompimento localizado de camadas compactadas superficialmente, as quais são comuns em semeadura direta (Tormena et al., 1998; Abreu et al., 2004; Genro Junior et al., 2004).

Mello et al. (2002) constataram que, em um Latossolo Vermelho, o uso de hastes sulcadoras em lugar dos discos duplos aumentou em mais de 10% a produtividade do milho. Efeitos positivos do uso de hastes sulcadoras em substituição aos discos duplos, em semeadura direta, também foram observados por Klein & Boller (1995). Ainda conforme Mello et al. (2002), a mobilização do solo pela haste acarretou na redução da sua densidade e resistência à penetração, e num aumento da macroporosidade.

Reis et al., (2006) trabalhando em um Latossolo Argiloso, concluíram que a densidade do solo na linha de semeadura foi menor para as hastes sulcadoras em comparação aos discos duplos, o que resultou em uma maior porcentagem de emergência de plantas de milho para o primeiro mecanismo.

Já Silva (2003a) obteve que, num Nitossolo Vermelho e sob disponibilidade hídrica adequada, a produtividade do milho não respondeu ao uso de hastes em substituição aos discos duplos.

A resposta das culturas à profundidade de atuação das hastes parece estar relacionada à disponibilidade hídrica. Herzog (2003), avaliando o efeito da profundidade de atuação da haste sulcadora (0,06 e 0,12 m) sobre a soja safra 2001/02, com e sem irrigação, concluiu que a produtividade desta cultura não foi afetada pelos tratamentos, tanto na condição irrigada quanto na não irrigada. O autor atribuiu este resultado à uniformidade e volume adequados de chuva, especialmente durante os períodos críticos da cultura.

Trabalhando na mesma área experimental e sob os mesmos tratamentos, na safra 2003/04, onde uma considerável deficiência hídrica foi observada, Xavier (2005) constatou que na área não irrigada, a produtividade da soja foi 10% (180 kg ha^{-1}) maior quando a haste atuou a 0,12 m. Sob irrigação, os tratamentos não influenciaram a produtividade desta cultura. Silva (2003a) também concluiu que, na ausência de déficit hídrico, a produtividade do milho não aumentou em função do incremento da profundidade de trabalho das hastes sulcadoras de adubo.

Os resultados obtidos por Beutler (2005) sugerem que, quando o déficit hídrico é muito forte ou ocorre em um período crítico da cultura, bem como numa situação em que o solo se encontra muito compactado, a mobilização superficial pelas hastes sulcadoras pode não ser suficiente para aliviar os efeitos da compactação sobre a produtividade das culturas. Avaliando a resposta da soja e do milho a diferentes coberturas de inverno (aveia preta, aveia preta+ervilhaca e campo nativo) e à profundidade de deposição do adubo (0,06 e 0,12 m), na safra de 2002/03, o autor encontrou que, embora tenha ocorrido deficiência hídrica no pendoamento, a produtividade do milho foi maior para a profundidade de 0,12 m apenas no tratamento campo nativo. A produtividade da soja não respondeu à profundidade de atuação da haste. Já na safra 2003/04, onde nova estiagem ocorreu, em um período tal que a principal cultura afetada foi a da soja, a profundidade de deposição do adubo não modificou de maneira significativa a produtividade tanto do milho quanto da soja, independentemente da cultura antecessora de inverno.

O aumento da profundidade de atuação das hastes sulcadoras para adubo acarreta em um maior custo energético e econômico. Os dados obtidos por Xavier (2005) evidenciam que, quando a profundidade de atuação passou de 0,064 m para 0,100 m, a força de tração por haste e por unidade de volume de solo mobilizado aumentou, respectivamente, 95 e 260%. A patinagem dos rodados tratórios dobrou quando o sulcador atuou na maior profundidade (9,6% a 0,064 m, contra 19% a 0,100 m). Resultados semelhantes foram obtidos por Cepik (2002) e Beutler (2005).

Silva (2003a) verificou que a demanda de força de tração de uma semeadora equipada com quatro linhas aumentou de 9 para 25 kN quando a profundidade de atuação da haste passou de 0,1 para 0,3 m, o que incrementou o consumo de combustível em 4 L h^{-1}. Além disso, o aumento da profundidade de trabalho da haste sulcadora reduziu a velocidade do conjunto trator/semeadora e, assim, a capacidade operacional.

Xavier (2005) afirma que o aumento na produtividade da soja observado na safra 2003/04 compensou com vantagem o maior custo operacional quando foi aumentado a profundidade de atuação da haste sulcadora de fertilizante, incrementando assim a lucratividade.

2.2 A cultura do milho safrinha

O cultivo de milho safrinha foi iniciado por agricultores no Paraná, os quais apontaram à potencialidade desse novo mercado. No período de 1984 a 1998, o Paraná foi o único estado produtor de milho safrinha principalmente na região oeste, com área e produtividade média de 265.000 ha^{-1} e 1800 kg ha^{-1}, respectivamente (Gerage & Bianco, 1990). No início, a produtividade era muito baixa e os investimentos em adubação desprezíveis. Safrinha era sinônimo de risco e baixa tecnologia (Lima, 2005).

No Brasil, a área plantada com milho safrinha aumentou de 356 mil hectares em 1990, para aproximadamente 1,5 milhões de hectares em 1994 (Tsunechiro & Okawa, 1996). Na safra 2005/06, a área plantada com milho

safrinha foi de 3.309.900 ha e a produtividade média foi de 2.951 kg ha^{-1} e a produção brasileira de milho safrinha foi de 9.768.000 toneladas (Conab, 2007).

A cultura do milho, além da incorporação de inovações tecnológicas, com significativos aumentos de produtividade, vem sofrendo grandes modificações nos últimos anos, em dois aspectos que se inter-relacionam: a) deslocamento espacial, promovido por outras culturas mais rentáveis; e b) deslocamento temporal, com plantio do milho como uma segunda safra, em sucessão a uma cultura de verão. Trata-se do milho safrinha, que representa a alternativa escolhida pelos agricultores para cultivo em período ocioso das terras e das máquinas e equipamentos após a colheita da cultura principal e para melhoria do seu fluxo de caixa no decorrer do ano. (Tsunechiro, 1998).

As altas significativas dos preços de milho no último trimestre de 2006, em decorrência do deslocamento de parte da produção do cereal nos Estados Unidos para a obtenção do etanol, provocaram aumento inusitado na semeadura de milho safrinha no Brasil na safra 2006/07, dada à expectativa de crescimento das exportações. De acordo com o 7º levantamento de avaliação da safra 2006/07, da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), realizado em março de 2007, a área e a produção de milho safrinha na Região Centro-Sul brasileira deverão atingir, respectivamente, 3,7 milhões de ha e 13,8 milhões de toneladas, o que representa aumentos de 26% e 36% em relação à safra do ano precedente (Tsunechiro, 2007).

De acordo com Brasil (2007), projeta-se que na safra de verão 2014/2015, a área cultivada com milho deverá totalizar 10,84 milhões de hectares, ante os 9,04 milhões de hectares cultivados na safra 2004/ 2005. No entanto, é importante salientar que em um passado próximo, o Brasil já chegou a cultivar uma área próxima a 13 milhões de hectares apenas na 1ª safra. Já a área plantada na 2ª safra de milho deverá registrar um crescimento significativo, principalmente na região Centro-Oeste do Brasil. A área cultivada com milho na 2ª safra deverá aumentar juntamente com o crescimento da soja cultivada na safra de verão. Além do mais, com o excedente de produção da região Sul sendo destinado às vendas externas, a região Centro-Oeste destacar-se-á como um importante pólo fornecedor de milho às regiões consumidoras. Em termos absolutos, projeta-se que a área plantada com milho na 2ª safra deverá passar de três milhões de hectares, registrados na safra

2004/2005, para 5,21 milhões de hectares em 2014/2015. Com a sanção da Nova Lei de Biossegurança em 2005, estima-se que haverá um salto na produtividade do milho a partir da safra 2007/2008, beneficiando tanto o milho cultivado na 1ª safra quanto o milho cultivado na 2ª safra.

O Estado do Rio Grande do Sul tem uma importância muito significativa na produção de aves e suínos no País. Considerando esses dois setores, o Estado responde por aproximadamente 15,5% do consumo nacional de milho. Sem dúvida, há uma interação entre as atividades de avicultura e suinocultura e o cultivo de milho nas pequenas propriedades. Independentemente disso, já não há muito espaço para um aumento significativo de área cultivada no Rio Grande do Sul. Nesse sentido, a área plantada com milho nesse Estado deverá aumentar, em resposta ao estímulo de crescimento da indústria de carnes, porém, em um ritmo inferior ao da região Centro-Sul (Brasil, 2007).

Segundo Brasil (2007), indica um crescimento médio anual de 1,6% na área cultivada na safra de verão, nos próximos dez anos, devendo passar de 1,28 milhões de hectares, cultivados na safra 2004/2005, para 1,5 milhões de hectares, projetado para 2014/2015. Da mesma forma como nos demais Estados, o investimento na cultura do milho deverá ocorrer muito mais em termos de produtividade que em termos de crescimento de área. Na década de 1990, com a abertura comercial e com o regime de taxa de câmbio fixo, no período de 1994 a 1998, a importação do milho tornou-se muito competitiva na região Sul do País, eliminando de forma sistemática os produtores menos eficientes, havendo, conseqüentemente, uma redução da área plantada.

A cultura do milho passou, então, a ter um caráter mais comercial, apesar de se constatar ainda, um elevado nível de autoconsumo nas propriedades rurais. Mesmo que haja um estímulo para a produção do milho, o crescimento na área plantada será pouco significativo no Rio Grande do Sul, devendo o produtor se concentrar mais em ganhos de produtividade. Diante dessa realidade, projeta-se que o crescimento médio anual de produtividade no Rio Grande do Sul deverá ser de 3,7% (foi descartado, para efeito de análise, o ano agrícola de 2004/2005, em decorrência dos sérios problemas climáticos), alcançando 4.326 kg/hectare na 1º safra 2014/2015. Esse nível de

produtividade permitiria uma produção de 6,49 milhões de toneladas, (Conab, 2007).

A magnitude da área e o desempenho da segunda safra de milho ficam condicionados às decisões do produtor tomadas no momento do plantio da cultura que a precede, num sistema de sucessão de atividades. As implicações agronômicas da maior exposição da cultura ao estresse ambiental têm se constituído em grande desafio para as instituições públicas e privadas de pesquisa na geração de tecnologias adequadas para a solução dos problemas advindos dos deslocamentos espaços-temporais que vem sofrendo a cultura do milho (Tsunechiro; Godoy, 2001).

2.2.1 Importância do regime hídrico e das condições climáticas

O Estado do Rio Grande do Sul tem condições adequadas de clima e solo que permitem o cultivo de milho em todas as regiões edafoclimáticas. Em cada uma delas, os produtores escolhem as épocas de semeadura com base em: a) riscos de deficiência hídrica nos períodos críticos; b) riscos de temperaturas baixas e de geada no início ou no fim da estação de crescimento; c) nos níveis da temperatura do ar e da radiação solar quando o fator disponibilidade hídrica não é limitante; e d) no sistema de rotação e de sucessão de culturas adotado (Silva, 2001).

Os períodos de deficiência hídrica no Rio Grande do Sul são ocasionais e não bem definidos na época do ano em que acontecem. Entretanto, quando ocorrem, seus efeitos são muito drásticos na lavoura de milho, resultando em sérias restrições ao rendimento de grãos. Isto dificulta a tomada de decisão de escolher a época de semeadura (Maluf et al., 2001).

De acordo com a Reunião Técnica (2006), as semeaduras na safrinha (dezembro/janeiro) apresentam menor potencial de rendimento de grãos, pois o florescimento vai ocorrer no início de março, quando a radiação solar e a temperatura do ar são baixas, prejudicando a translocação de fotoassimilados e o enchimento de grãos em março e abril. Se o agricultor semear ao final da estação de crescimento (semeadura tardia de dezembro e

janeiro), a planta pode enfrentar eventuais períodos secos e quentes quando ainda estiver se desenvolvendo vegetativamente. A época mais crítica à falta de água será atingida em fins de fevereiro e início de março, quando a demanda evaporativa já é menor (menos radiação solar incidente) e, portanto, são maiores as chances de ocorrerem condições hídricas mais adequadas e temperatura mais amena.

Segundo Bergamaschi et al. (2006), nas semeaduras tardias há diminuição no rendimento de grãos, pois o florescimento, a formação e o enchimento de grãos ocorrem com baixas disponibilidades térmicas e de radiação solar. Considerando o elevado risco climático (estiagem) o escalonamento da época de semeadura e o uso de cultivares de ciclos distintos se tornam mais altamente recomendáveis. Nas semeaduras tardias (dezembro-janeiro), além do encurtamento do ciclo, constata-se geralmente maior acamamento de plantas e maior incidência de pragas (lagarta elasmo e do cartucho) e de moléstias (especialmente as de colmo e de folhas).

Por estarem mais sujeitas ao ataque de moléstias de colmo, as plantas tornam-se mais suscetíveis ao acamamento nas épocas de semeadura mais tardias. O fator acamamento pode ser minimizado pelo uso de densidades mais baixas que as indicadas para as épocas precoce e intermediária. Estes fatores, em determinados anos, contribuem de maneira muito expressiva para diminuir o rendimento de grãos, além daquela redução esperada pelo efeito de menor temperatura do ar e de radiação solar incidente durante o período de enchimento de grãos. Este conjunto de elementos meteorológicos adversos faz com que o agricultor tenha que ter maiores cuidados na lavoura semeada no tarde. Estes problemas são menos relevantes nas semeaduras precoces, (Matzenauer et al., 1995).

Segundo Matzenauer & Machado (2001), a disponibilidade hídrica é o fator que mais freqüentemente limita a obtenção de elevado rendimento de grãos. O consumo diário de água durante o ciclo da cultura varia de 2 a 7 mm, dependendo do estádio e da demanda atmosférica. A maior exigência ocorre durante o pendoamento e espigamento (em torno de 7 mm dia^{-1}), quando a planta tem a maior área foliar. Como a precipitação média mensal no Estado do Rio Grande do Sul é da ordem de 100 a 150 mm, as necessidades da cultura poderiam ser supridas pelas precipitações pluviais.

2.2.2 Sistema consorciado de espécies de cobertura de solo no inverno para anteceder a cultura do milho

O uso de sistemas consorciados de culturas pode propiciar a formação de coberturas de solo mais próximas do ideal, trazendo benefícios ao rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão e ao sistema plantio direto. Os sistemas consorciados podem propiciar eficiente cobertura vegetal no solo e maior ciclagem de nutrientes, principalmente de N, no caso de leguminosas e brássicas.

O uso do consórcio entre espécies poáceas (aveia preta) e leguminosas (ervilhaca comum) diminui a necessidade de investir recursos financeiros na adubação nitrogenada em cobertura no milho em sucessão, sem reduzir o rendimento de matéria seca total da cobertura de solo em relação ao cultivo isolado de aveia preta (Bortolini et al., 2000). Neste mesmo estudo, estes autores verificaram que as vantagens do uso da ervilhaca comum isolada como cobertura de solo para fornecer N não se manifestaram com aplicação de altas doses de N na cultura do milho cultivada em sucessão ao consórcio aveia preta e ervilhaca comum.

Para a escolha da espécie de cobertura de solo mais adequada para anteceder milho, seja em cultivo solteiro ou consorciado, alguns fatores devem ser observados: adaptação da espécie às condições edafoclimáticas da região, tempo de adoção do sistema plantio direto, época de semeadura indicada para milho, grau de convicção do produtor na adoção do sistema plantio direto e interesse e disponibilidade de capital do produtor para investimento.

De acordo com a Reunião Técnica (2006), as vantagens da ervilhaca comum como cobertura de solo para fornecer N não se manifesta com a aplicação de elevadas doses de N na cultura de milho cultivado em sucessão ao consórcio aveia preta e ervilhaca. Com relação à proporção de sementes das espécies, diversos trabalhos de pesquisa têm evidenciado que, à medida que aumenta a proporção de sementes de ervilhaca no consórcio com aveia preta, aumenta a quantidade de N acumulada na planta e o rendimento de grãos de milho, especialmente quando este é cultivado com níveis baixos de N. A grande limitação do uso deste sistema de consórcio é que o rendimento de massa seca da ervilhaca é potencializado nas condições do Rio Grande do

Sul somente no fim de setembro e início de outubro, o que inviabiliza a semeadura precoce (agosto) de milho em sucessão, vantajoso em determinadas regiões do Estado. A densidade de semeadura indicada para o consórcio aveia preta e ervilhaca comum foi respectivamente de 50 e 45 kg/ha de sementes.

Cabarello et al. (1995), relataram que a melhor produção relativa na consorciação entre ervilhaca comum e aveia, foi obtida quando a proporção na densidade de semeadura foi de 90% e 10% ou 80% e 20%, respectivamente. No mesmo trabalho, a produção de matéria seca total não foi afetada pela proporção utilizada na semeadura. Assim, infere-se que o efeito da aveia no consórcio sobre a produção de ervilhaca comum aumenta em função da sua participação na densidade de semeadura. Sugerem os autores, que a proporção de sementes de aveia a ser utilizada para assegurar melhor produção de ervilhaca, esteja em torno de 10%.

Giacomini et al. (2004) concluíram que o os consórcios de aveia + ervilhaca, até uma proporção máxima de 30% de sementes de aveia, proporcionam uma produtividade de grãos equivalente a 70% daquela obtida com o uso de 180 kg ha^{-1} de N-uréia no pousio. O N acumulado e a produtividade de grãos de milho em sucessão aos consórcios de aveia e ervilhaca são diretamente proporcionais à quantidade do N do consórcio que está presente na fitomassa da ervilhaca. A ervilhaca e o nabo, tanto em culturas puras, como consorciados à aveia, proporcionaram maior produtividade de milho em sucessão do que o pousio e aveia solteira. O acúmulo reduzido de N pelo milho nos estádios iniciais da cultura demonstra que, para aumentar a eficiência no aproveitamento do N liberado dos resíduos culturais das plantas de cobertura, o cultivo do milho deve ser feito o mais próximo possível do manejo destas.

As leguminosas caracterizam-se pela capacidade de fixar o N_2 atmosférico e pela estreita relação C/N, o que confere uma rápida mineralização do N presente em seus resíduos culturais (Stute & Posner, 1995). Como a maior parte do N é liberada durante a fase inicial da decomposição, onde a demanda em N pela cultura em sucessão é baixa, o N poderá acumular-se no solo, aumentando o potencial de perdas via volatilização de amônia, denitrificação, lixiviação de nitrato (Aita et al., 2001).

As gramíneas, por outro lado, embora demonstrem grande habilidade em absorver nitrato ($N\text{-}NO3^-$) durante o inverno (Ranells & Wagger, 1997), apresentam uma palhada com elevada relação C/N, o que resulta, na maioria dos casos, em imobilização microbiana de N, diminuindo a quantidade de N disponível no solo (Amado, 1997).

Por meio do consórcio entre plantas de cobertura, é possível controlar a velocidade de decomposição e liberação de N dos resíduos culturais, já que a fitomassa obtida apresenta uma relação C/N intermediária àquela das culturas solteiras (Giacomini, 2001). Para maximizar o aproveitamento do N acumulado pelos consórcios entre plantas de cobertura de solo no outono/inverno, a liberação do N dos resíduos culturais deverá ocorrer em sincronia com a demanda de N das culturas comerciais em sucessão (Stute & Posner, 1995). Se o N mineral estiver disponível precocemente, podem ocorrer perdas do nutriente por lixiviação de $N\text{-}NO3^-$, denitrificação (Rosecrance et al., 2000). Por outro lado, se a liberação do N for excessivamente tardia, poderá haver prejuízos na produtividade das culturas (Huntington et al., 1985). O desafio maior está, em estabelecer consórcios entre espécies de outono/inverno que permitam atender à demanda em N pelas culturas comerciais de forma equilibrada.

A decomposição dos resíduos culturais depende da natureza e da quantidade do material vegetal (Bertol et al., 1998), da fertilidade do solo, do manejo da cobertura e do grau de fracionamento do resíduo (House & Stinner, 1987), além de condições climáticas (Gilmour et al., 1998), representadas principalmente pelo regime de chuvas e pela temperatura, que influem na atividade microbiana do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características climáticas da região da área experimental

O experimento foi instalado e conduzido no ano agrícola de 2006/2007, na estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a qual encontra-se localizada no município de Eldorado do Sul, Estado do Rio Grande do Sul, região fisiográfica da depressão central. O solo, pertence à unidade de mapeamento São Jerônimo (Brasil, 1973), apresenta textura superficial arenosa, sendo sua origem granítica e, atualmente classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico – PVd (Embrapa, 1999). A área experimental tem declividade de 0,025 m m^{-1} e a precipitação média anual da região é de 1.440 mm, com clima tipo subtropical de verão úmido quente (Cfa) (Bergamaschi et al., 2003), segundo classificação de Köeppen. Pott (1974), descreveu o campo natural da região como regular, considerando como predominantes às gramíneas *Paspalum ssp.*, *Aristida ssp.*, *Trachypogon montufari* e *Setaria geniculata* e as leguminosas *Desmodium canum*.

3.2 Histórico de uso da área experimental

Inicialmente sem utilização agrícola ou experimental por um período mínimo de quinze anos, o solo da área onde foi instalado o experimento apresentava vegetação predominante composta por plantas típicas da região, sendo considerado, na época, como campo natural. Devido à divisão do

experimento em função da utilização ou não de irrigação, uma parte das parcelas ficou localizada na porção superior da coxilha, enquanto a outra se localizou parte no interflúvio e parte na sua encosta. Ainda que existam dentro da área experimental diferenças quanto à localização dos tratamentos, o tipo de solo é o mesmo, com características físicas e químicas similares.

Os dados apresentados neste estudo são referentes aos anos agrícolas de 2006/07 (milho safrinha). Os dados da Tabela 1 resumem o histórico da área até o presente experimento.

Tabela 1. Sucessão de culturas implantadas na área experimental

Ano agrícola	**Inverno**	**Verão**
2000	Campo Natural	
2001	Aveia preta	Soja
2002	Aveia preta	Milho
2003	Aveia preta	Soja
2004	Aveia preta e nabo forrageiro	Feijão
2005	Aveia preta e ervilhaca	Milho
2006	Aveia preta e ervilhaca	Milho safrinha

Nos anos agrícolas de 2001, 2002 e 2003, a aveia preta antecedeu as culturas de verão. No ano agrícola de 2004, as culturas de verão foram precedidas por aveia preta e nabo forrageiro, sendo que no ano de 2005 e 2006, o consórcio aveia preta e ervilhaca antecederam as culturas de verão. As culturas de inverno tiveram a função de fornecer resíduos culturais para cobertura do solo sobre as quais foram semeadas as culturas de verão.

Antes da instalação do experimento, foram realizadas amostragens para análise química do solo, nas camadas de 0 a 0,2 m, atentando para a possibilidade da ocorrência de heterogeneidade nas características deste, com objetivo de corrigir possíveis carências de nutrientes essenciais para o consórcio de aveia preta e ervilhaca e milho. Para estas amostragens foi utilizado um trado calador. As amostras foram remetidas ao Laboratório de Análises de Solos da UFRGS e processadas conforme metodologia descrita por Tedesco et al., (1995). Os resultados médios encontram-se na Tabela 02, verificando-se que o solo possuía baixo valor de pH, teores baixos de fósforo, e elevados teores de potássio.

Foi realizada a aplicação a lanço de 4 Mg ha^{-1} de calcário dolomítico com PRNT de 60% com base na análise química do solo feita no Laboratório

de Análise de Solos do Departamento da UFRGS, após a colheita da safra 2006, nas duas áreas (irrigada e sem irrigação).

Tabela 2. Análise química de um Argissolo Vermelho distrófico típico, na profundidade de 0 a 0,20 m, antes da instalação do experimento.

Tratamento	pH	Índice	Argila	MO[1]	P	K	Al_{troc}	Ca_{troc}	Mg_{troc}
	água	SMP	---g kg $^{-1}$---		mg dm^{-3}		-----cmolc dm^{-3}----		
Área irrigada	4,8	5,7	305	25	10,7	124,5	1,00	2,2	1,1
Não irrigada	4,8	5,7	250	25	12,0	165,5	0,56	3,1	1,6

1- M.O = matéria orgânica do solo.

3.3 Máquinas e equipamentos utilizados na instalação e condução do experimento

Para a instalação e condução da pesquisa a campo, foram utilizados as seguintes máquinas e implementos agrícolas:

- um trator marca John Deere modelo 5600, 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar); potência máxima do motor de 53 kW (75 cv); massa total de 3835 kg (1530 kg sobre o eixo dianteiro e 2305 kg sobre o traseiro); pneus traseiros 18.4-30 R1 e dianteiros 12.4-24 R1, com pressão de inflação de 95 e 110 kPa, respectivamente; pressão de contato dos pneus dianteiros e traseiros com solo, determinada pelo método de O'Sullivan et al. (1999), de 115 e 120 kPa, respectivamente; e bitola de 1,65 m nos eixos dianteiro e traseiro;

- pulverizador de barras tratorizado e montado; tanque com capacidade para 400 litros de calda e barras providas de 19 bicos tipo jato em leque 110015, espaçados em 0,5 m; pressão de trabalho de 40 psi (275 kPa); e largura útil de 9,5 m;

- pulverizador costal, marca Jacto, modelo PJH, com acionamento manual; tanque com capacidade para 20 litros de calda; equipado com bico tipo jato em leque 110015;

- semeadora-adubadora múltipla (precisão e fluxo contínuo), marca Vence Tudo, modelo AS 11500, montada ao sistema hidráulico de três pontos do trator. Para a semeadura das culturas de cobertura de inverno, a semeadora-adubadora foi equipada com 11 linhas espaçadas de 0,17 m;

sulcadores para adubo e semente tipo discos duplos com 0,33 m (13”) de diâmetro; correntes para cobrir o sulco em cada linha de semeadura; rodas para acionamento dos dosadores de fertilizantes e sementes com 1,20 m de diâmetro, dotadas de pneus 5/16-12 R1, com pressão de inflação de 124 kPa; dosadores de fertilizante e de sementes tipo rotor dentado horizontal e rotor acanalado, respectivamente; condutores de adubo e sementes de borracha corrugada e flexíveis; depósitos de adubo e de sementes com capacidade para 162 e 136 kg, respectivamente; e massa de 810 kg.

Para a semeadura do milho, configurou-se a semeadora-adubadora de forma a apresentar 3 linhas espaçadas em 0,9 m cada linha é composta por um disco de corte de palha, liso, de 0,356 m (14”) de diâmetro, colocado à frente do sulcador de fertilizante tipo haste, com ponteiras de 0,025 m de largura e ângulo de ataque de 20º; sulcador para sementes do tipo disco duplo, com 0,33 m (13”) de diâmetro; e rodas compactadoras dispostas em “V”, com 0,305 m (12”) de diâmetro. Os dosadores de fertilizantes e de sementes são do tipo rotor dentado horizontal, acionados por rosca sem fim e discos horizontais perfurados, respectivamente. Os condutores de fertilizante são construídos em borracha corrugada e flexível, enquanto que os de sementes são de plástico e rígidos. Sob a configuração necessária à implantação das culturas de verão, a massa desta semeadora adubadora equivale 1110 kg;

- trilhadora estacionária, marca Lindner, com cilindro e côncavo de dentes, acionada por motor à gasolina com 8,83 kW de potência;

- colhedora autopropelida de grãos, marca SLC-JOHN DEERE, modelo 1165, dotada de plataforma de corte, com 14 pés (4,62 m) de largura, ou despigadora, para 4 linhas de milho; com picador de palhas; massa em ordem de marcha de 7.200 kg, sendo 2.250 kg no eixo traseiro e 4.950 kg no eixo dianteiro; pneus dianteiros 18.4-30 R1 e traseiros 10.5/80-18, com pressão de inflação de 138 e 200 kPa, respectivamente; pressão de contato dos pneus dianteiros e traseiros com solo, determinada pelo método de O’Sullivan et al. (1999), de 173 e 260 kPa, respectivamente; e bitola de 2,34 m no eixo dianteiro, e de 2,18 m no eixo traseiro;

- aspersores com base de 1,5 m de altura; raio de molhamento de 18 m; e vazão de 11 mm h^{-1};

- bomba de recalque de água acionada por motor diesel; potência de 10,31 kW;

- perfilômetro, com hastes espaçadas de 0,01 m, largura total de 0,35 m e com regulagem variável de até 0,35 m no sentido longitudinal, utilizado para avaliação do volume de solo mobilizado por hectare pelos sulcadores da semeadora-adubadora;

- penetrômetro marca PenetroLOG PLG1020 produzido comercialmente pela empresa Falker Automação Agrícola, o equipamento é dotado de sistema eletrônico de medição e aquisição dos dados de força aplicada e a respectiva profundidade no solo. As características construtivas do equipamento estão de acordo com a Norma ASAE S313.3 (ASAE, 2004).

- quadro de madeira, com dimensões de 0,60 por 0,40 m, totalizando 0,24 m², utilizado para demarcação da área de coleta de amostras de resíduos sobre o solo;

Na coleta de amostras para caracterização física do solo foram utilizadas trena metálica; latas de alumínio numeradas, com tampa, e com 80 mm de diâmetro e 60 mm de altura; espátula; colher de pedreiro; enxadão, pá de corte; fita crepe; papel alumínio e caneta.

3.4 Cultura de inverno

No momento da implantação do presente experimento havia sobre a superfície do solo resíduo de milho, o qual foi colhido com colhedora com unidade picadora de palha, cuja distribuição não foi padronizada, sendo geralmente bastante desuniforme.

Sobre a palha da cultura anterior (milho) foi semeada a aveia preta e ervilhaca no dia 13 de junho de 2006, com a semeadora-adubadora de fluxo contínuo descrita no item 3.3, com espaçamento entrelinhas de 0,20 m, e profundidade média de deposição das sementes de 0,03 m.

Para anteceder a cultura do milho optou-se pelo consórcio de aveia preta (*Avena strigosa*, Schreb) e ervilhaca (*Vicia sativa L.*). Sendo que a aveia preta caracteriza-se por ser uma gramínea anual que apresenta

desenvolvimento inicial rápido, eficiência na reciclagem de nutrientes, produção de massa verde entre 30 e 60 Mg ha^{-1}, e de matéria seca entre 2 e 6 Mg ha^{-1}, além de pouca exigência em fertilidade, grande capacidade de perfilhamento, rusticidade, tolerância à seca, enquanto que a ervilhaca apresenta as seguintes características: possuem capacidade de fixar N atmosférico através da simbiose com bactérias específicas, desenvolvimento inicial mais lento em relação às poáceas, menor rendimento de matéria seca, rápida decomposição de seus resíduos.

Nos tratamentos de 0 Mg ha^{-1} de massa seca de aveia preta + ervilhaca, as plantas que emergiram foram dessecadas com herbicida de ação total Roundup® Original (glifosato, 480 g L^{-1}), na dosagem de 1,5 L ha^{-1} de produto comercial. A densidade empregada para o consórcio aveia preta + ervilhaca foi de, respectivamente 60 e 30 kg ha^{-1} de sementes puras e viáveis.

A adubação, foi realizada conforme recomendações da Comissão (2004) foi dividida em adubação de base, quando foram utilizados 100 kg ha^{-1} de adubo NPK 05-20-20, e em adubação de cobertura, quando foram aplicados 40 kg ha^{-1} de nitrogênio, na forma de uréia 45-00-00, em dois momentos distintos: 29 de junho de 2006, quando foi aplicada metade da dose em todos os tratamentos, e a outra metade da dose, em 10 agosto de 2006, nos blocos irrigado e o sem irrigação.

No dia 2 novembro de 2006 foi efetuada a colheita mecânica dos resíduos vegetais, com auxílio da colhedora de grãos citada em 3.3. A palha proveniente do saca-palhas e das peneiras da colhedora foi coletada em lona plástica, pesada, e a quantidade relativa à dose de resíduo vegetal necessária em cada parcela foi uniformemente distribuída sobre a superfície do solo, sendo que as doses foram: 0, 2, 4, 5, 6, 8 Mg ha^{-1}.

3.5 Cultura de verão

No dia 25 de janeiro de 2007 foram aplicados 3,0 L ha^{-1} de herbicida de ação total Roundup® Original (glifosato, 480 g L^{-1}), para manejo químico (dessecação) da vegetação presente antes da semeadura do milho.

A opção pela cultura de milho safrinha como cultura de verão, deveu-se ao fato de dar continuidade ao experimento em questão, considerando a necessidade da sucessão de culturas. Apesar de ser uma espécie amplamente cultivada no Estado do Rio Grande do Sul, a cultura de milho safrinha ainda é muito carente em pesquisas sobre a sua implantação em sistema de semeadura direta.

A cultura do milho foi implantada no dia 14 de fevereiro de 2007 ou seja, 104 dias após o manejo dos resíduos de cobertura, com o conjunto trator/semeadora-adubadora descritos no item 3.3, sem uso da TDA. A avaliação do desempenho de máquinas foi realizada no mesmo momento da semeadura do milho safrinha. No momento da avaliação do desempenho de máquinas verificou-se que houve uma decomposição média de 36% em relação à dose inicial de resíduos vegetais (2/11/2006) aplicada sobre a superfície do solo, sendo que as doses reais no momento das avaliações do desempenho do conjunto trato/semeadora-adubadora passaram a ser de (0; 1,3 ;2,6; 3,2; 3.8 e 5,1 kg ha^{-1}).

A semeadora foi regulada para dispor 65.000 sementes por hectare com espaçamento de 0,90 m entrelinhas, foi utilizada a cultivar AGN 2012. De acordo com a empresa AGROMEN Semente (2007), a cultivar AGN 2012 apresenta dupla finalidade podendo ser utilizada tanto para silagem quanto para produção de grãos, sendo tolerante ao estresse hídrico e as principais doenças ocorridas na cultura do milho. Apresenta as seguintes características: é um híbrido duplo, possui um ciclo superprecoce, apresenta estatura média de 2,2 m e recomenda-se uma população de plantas no verão de 50.000 a 55.000 plantas/ha, e na safrinha de 45.000 a 50.000 plantas ha^{-1}.

A velocidade média da operação de semeadura do conjunto trator/ semeadora-adubadora foi de 3,2 km h^{-1}. A adubação usada na ocasião da semeadura foi de 400 kg ha^{-1} da formulação NPK 5-20-20. Posteriormente foram feitas duas aplicações com uréia (45-00-00), nos estádios de V4 e V9, sendo aplicados 80 e 100 kg ha^{-1}, respectivamente, totalizando 180 kg ha^{-1} para se obter rendimentos de grãos próximos a 6 Mg ha^{-1}, condizentes com o uso da irrigação e com o Manual de Adubação e Calagem (Comissão ... 2004).

Os tratamentos fitossanitários posteriores consistiram na aplicação de uma mistura de atrazina+nicossulfuron, nas doses de 2,5 kg e 40 g ha^{-1} i.a.

o volume de calda empregado correspondeu a 140 L ha^{-1}. As aplicações de herbicidas foram realizadas com pulverizador costal. No dia 1 de março de 2007 utilizou-se o produto comercial Lorsban 480 BR (clorpirifós) e Nomolt (Teflubenzuron) nas dosagens de 0,5 L ha^{-1} e 75 mL ha^{-1} respectivamente para o controle da Lagarta do cartucho (*Spodoptera Frugiperda*) sendo essas aplicações realizadas com pulverizador costal.

3.6 Tratamentos

Os tratamentos principais foram definidos por seis diferentes doses de resíduos de aveia preta e ervilhaca sobre a superfície do solo: 0, 2, 4, 5, 6 e 8 Mg ha^{-1}. No entanto, a cultura do milho safrinha foi semeada sobre as doses de : 0; 1,3 ;2,6; 3,2; 3.8 e 5,1 Mg ha^{-1} .A semeadura do milho safrinha foi realizada a 0,05 m de profundidade, enquanto o fertilizante mineral foi planejado para ser disposto pelo sulcador de fertilizante a duas profundidades, 0,06 e 0,12 m, as quais consistiram nos tratamentos secundários, e em cada subsubparcela corresponderam ao tráfego do rodado do trator e ao tráfego do rodado da colhedora. Desta forma, com o objetivo de avaliar o efeito das doses de resíduos vegetais, a influência de uma adubação mais profunda e o efeito de tráfego dos rodados de trator e colhedora na produtividade do milho safrinha em sistema de semeadura direta.

Para possibilitar o controle do tráfego dentro do experimento, as larguras das parcelas e subparcelas foram definidas de maneira que o tráfego das máquinas e equipamentos, durante as operações de semeadura direta e colheita, ocorresse sempre em locais determinados. Na Figura 1, consta um croqui do tráfego controlado nas parcelas e subparcelas do experimento com largura das parcelas de 5 m, dividida em duas subparcelas de 2,5 m.

Considerando o período de 7 anos de duração do experimento desde o início da pesquisa, ocorreram no total quatorze passagens de rodados de colhedora, e quatorze passagens dos rodados de trator, sempre nos locais definidos para o tráfego.

Os tratamentos foram implantados em dois experimentos, um com a utilização de irrigação, e o outro sem utilização de irrigação. A irrigação foi realizada por oito aspersores, descritos no item 3.3. Realizaram-se as irrigações de 34,5 e 20 mm, respectivamente nos dias 14 e 18 de fevereiro de 2007, ou seja, no dia da implantação e 4 dias após a semeadura do milho. No gráfico do Apêndice 1 estão representadas as quantidades de chuvas e as irrigações ocorridas durante o ciclo da cultura. A avaliação da lâmina de água aplicada pelos aspersores foi feita com o uso de pluviômetros dispostos em locais dentro do experimento irrigado. Cabe ressaltar que a irrigação foi realizada apenas no início da implantação da cultura, devido a alguns problemas nos equipamentos não se pode realizar as irrigações no período de 10/4 a 23/4 .

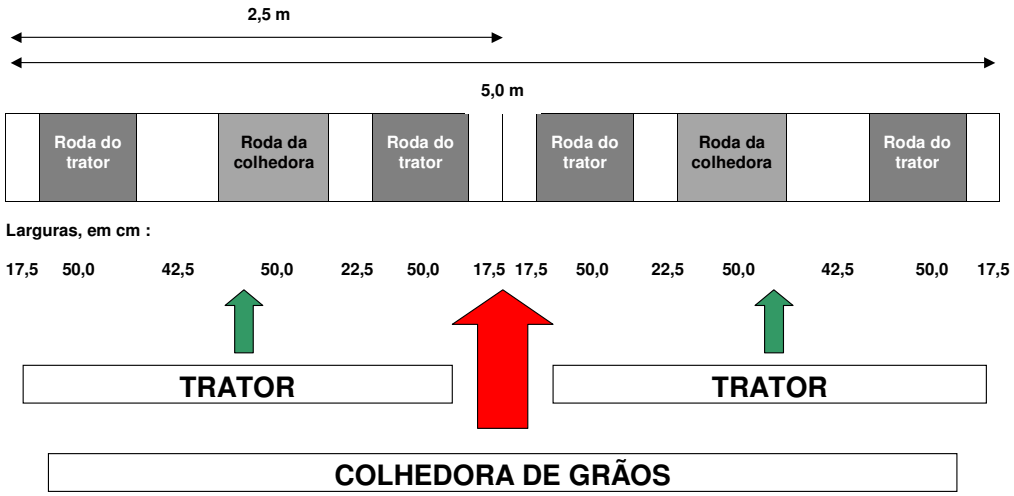


Figura 1. Esquema do controle de tráfego do trator e colhedora nas parcelas e subparcelas. (Xavier, 2005).

3.7 Avaliações e amostragens

Foram realizadas diversas amostragens e avaliações em diferentes fases do experimento, descritas a seguir.

3.7.1 Cobertura do solo

3.7.2 Massa seca da cobertura vegetal

Para determinar a massa seca da cobertura vegetal utilizou-se um gabarito de madeira com dimensões de 0,5 x 0,5 m, sacos de papel, estufa elétrica com ventilação forçada na temperatura de 65ºC e balança de precisão de 0,01 g. Realizaram-se as avaliações aos 104 dias após o manejo e no momento da colheita do milho.

3.7.3 Porcentagem de cobertura vegetal do solo

Dia de 3 de março de 2007 determinou-se a porcentagem de cobertura vegetal do solo, segundo a metodologia de Laflen et al. (1981), utilizando-se cordão de plástico de 15 m de comprimento com marcação a cada 0,15 m.

3.7.4 Atributos físicos do solo: índice de cone e umidade do solo

O estado de compactação do solo foi avaliado antes da semeadura do milho safrinha nas parcelas principais com doses planejadas ou iniciais após manejo cobertura 0, 4 e 8 Mg ha^{-1} com quatro repetições, avaliou-se a resistência do solo à penetração até 0,3 m de profundidade, com o uso do penetrômetro eletrônico descrito no item 3.3 e na Figura 2. As leituras de resistência foram realizadas espaçadas em 0,05 m, para que cada ponto com tráfego de pneus possibilitasse pelo menos 4 leituras, e transversalmente ao comprimento das parcelas. Desta forma, obtiveram-se as seções horizontais nas regiões com tráfego do rodado do trator e da colhedora e sem tráfego de pneus.

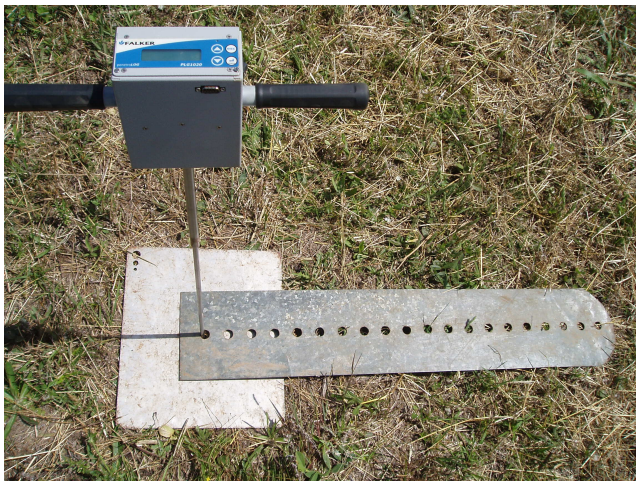


Figura 2. Penetrômetro utilizado para determinação da resistência do solo à penetração em janeiro de 2007.

No momento em que foi realizada a obtenção dos valores correspondentes à resistência do solo à penetração, foram coletadas amostras de solo para análise do teor de água nas profundidades: 0,00 a 0,06 m; 0,06 a 0,12 m; 0,12 a 0,18; 0,18 a 0,24 e 0,24 a 0,30 m segundo a metodologia descrita pela Embrapa (1997).

3.7.5 Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo

As amostras indeformadas de solo para macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade de solo, foram coletadas após a operação de colheita das culturas de inverno em 2006. Coletaram-se amostras nos tratamentos principais nas doses de resíduos vegetais (0, 4 e 8 Mg ha^{-1}), e nos tratamentos secundários foram nos locais sem tráfego, com tráfego do rodado de trator e com tráfego do rodado de colhedora , em duas camadas de amostragens: 0,03 a 0,06 m e 0,12 a 0,15 m.

Abriu-se uma trincheira para a coleta das amostras indeformadas em anéis volumétricos com dimensões de 0,06 m de diâmetro e 0,025 m de altura. As 72 amostras, assim coletadas, foram cuidadosamente envolvidas em papel

alumínio e acondicionadas em latas do mesmo material. Utilizou-se a metodologia conforme descrito em EMBRAPA (1997).

3.7.6 Patinagem das rodas tratórias

Foi avaliada através da comparação entre o deslocamento do trator sem carga e o deslocamento efetivo enquanto cada parcela era semeada. Enquanto a semeadora-adubadora operava dentro de cada parcela subdividida, marcou-se com uma estaca o ponto no solo onde houve coincidência com uma marcação efetuada no pneu traseiro do trator. Após uma volta completa do pneu traseiro do trator, marcou-se este segundo ponto no solo, com outra estaca, coincidente também com a marca feita no pneu. A distância entre a primeira e a segunda estaca foi medida e anotada. Para se obter a distância percorrida pelo trator sem carga, foi utilizado o mesmo procedimento, porém com a semeadora-adubadora erguida pelo sistema hidráulico do trator, obtendo-se o valor da patinagem dos rodados tratórios do trator segundo a expressão que segue:

$$P = (dsc - dcc) / dsc$$

onde:

P = patinagem, em m m^{-1};

dsc= distância percorrida pelo pneu do trator com a semeadora-adubadora erguida (m).

dcc= distância percorrida pelo pneu do trator com a semeadora-adubadora operando (m);

3.7.7 Profundidade máxima, área da seção transversal do sulco produzido pela haste sulcadora de fertilizante e volume de solo mobilizado

Para a determinação das variáveis, foi empregado um perfilômetro (Figura 3), com hastes espaçadas de 0,01 m, largura total de 0,35 m e com regulagem variável de até 0,35 m no sentido longitudinal.

Figura 3. Vista frontal do perfilômetro

A metodologia envolveu, em primeiro lugar, a remoção cuidadosa do solo mobilizado na linha de semeadura, de forma a expor as paredes e o fundo do sulco aberto pela haste. Em seguida, as varetas do perfilômetro, instalado transversalmente ao sulco, foram liberadas. O posicionamento da extremidade superior das varetas copia a forma geométrica do sulco, permitindo transcrevê-lo em uma folha de papel colocada à frente do painel do aparelho. A maior distância vertical medida entre o fundo do sulco e a superfície do solo correspondeu à profundidade máxima do mesmo. As distâncias verticais de cada ponto copiado do fundo do sulco, em relação à linha correspondente à superfície do solo, foram medidas no laboratório e, através de uma planilha eletrônica elaborada no Microsoft Excel®, obteve-se a área da seção transversal de solo mobilizada pela haste sulcadora de fertilizante.

A profundidade máxima e a área da seção transversal do sulco foram quantificadas logo após a semeadura do milho safrinha. A avaliação foi

executada em todas as subsubparcelas, ambas sobre as linhas correspondentes às hastes instrumentadas, sendo uma no sulco aberto sobre a zona de tráfego do trator e outra no sulco referente à área de tráfego da colhedora.

Para o cálculo do volume de solo mobilizado, a área da seção transversal dos sulcos (cm^2) foi convertida em m^2, após foi multiplicada por 10.000 (3 linhas, milho) para obtenção do volume de solo mobilizado (m^3 ha^{-1}) pela haste sulcadora de fertilizante da semeadora-adubadora. O fator 10.000 corresponde à área de um hectare (10.000 m^2) dividida pelo espaçamento entre linhas de 0,90 m para a cultura do milho.

3.7.8 Força de tração na haste sulcadora de fertilizante da semeadora-adubadora

A força de tração demandada nas hastes sulcadoras de adubo, no momento da semeadura do milho, foi avaliada por meio de “strain gages” ou extensiômetros, que são sensores eletrônicos instalados nos suportes das mesmas, avaliando-se a da posição central (tráfego do rodado da colhedora) e da extremidade direita da semeadora-adubadora, esta última coincidente com a zona de tráfego do rodado do trator.

Em trabalhos prévios, constatou-se que a haste que atuou na região trafegada por rodados de trator atingiu menores profundidades comparativamente à que se deslocou nas áreas livres de tráfego (Debiasi et al., 2006). Desse modo, visando igualar a profundidade de atuação, empregou-se, nas zonas trafegadas, uma haste com as mesmas características das demais (formato, ângulo de ataque e espessura da ponteira), porém, 0,025 m mais comprida.

Foram registradas as diferenças de potencial causadas pela deformação das hastes em função da resistência que o solo oferece por ocasião da abertura dos sulcos de semeadura (Machado, 2001).

Os dados (diferença de potencial) foram armazenados em uma unidade armazenadora de dados Datalogger CR23X da Campbell Scientific INC. A partir destes dados calculou-se a demanda de tração (N), em função de

uma curva de calibração pertinente a cada haste instrumentada, para cada profundidade do sulcador de fertilizante.

3.7.9 Força de tração por área da seção transversal de solo mobilizada pela haste sulcadora

A força de tração específica foi obtida dividindo-se os valores de força de tração (N) medida nas hastes pela respectiva área da seção transversal do sulco (cm^{-2}) resultante.

3.7.10 Força de tração por profundidade de sulco

Esta variável foi quantificada através da divisão dos valores de força de tração medida nas hastes sulcadoras de fertilizante pela média da profundidade do sulco formado no mesmo tratamento.

3.7.11 População de plantas de milho

A população de plantas de milho emergidas foi obtida através da contagem das mesmas em 7 metros, em todas as subsubparcelas aos 19 dias após a semeadura e na época da colheita (92 dias).

3.7.12 Estatura das plantas de milho

Foram realizadas avaliações aos 60 dias após a semeadura, para a verificação da estatura de plantas, mediu-se a distância vertical entre a superfície do solo e o ponto de inserção da última folha utilizando-se uma trena metálica A estimativa da estatura de plantas foi executada em todas as subsubparcelas, constituídas pelas plantas existentes em 7 metros de linha.

3.7.13 Produtividade de grãos de milho safrinha

No dia 18 de maio de 2007 foi realizada a colheita manual de todas as plantas de milho nos experimentos com e sem irrigação e em todas as subsubparcelas avaliadas, englobando as plantas existentes em 7 metros de linha, o que equivaleu a uma área de amostragem de 6,3 m^2. O material colhido foi trilhado na trilhadora estacionária de grãos descrita em 3.3. Os grãos foram pesados e corrigidos para 13% de umidade.

3.8 Delineamento experimental e análise estatística dos dados

3.8.1 Análise estatística para os parâmetros de solo

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e 4 repetições. As operações vêm sendo controladas desde 2001, resultando em 14 passagens de tráfego de rodados de tratores e 14 passagens de rodados de colhedora, além de áreas sem tráfego. Os tratamentos principais foram definidos por doses de resíduos da cultura de inverno sobre a superfície do solo (0, 4 e 8 Mg ha^{-1}). Os tratamentos secundários foram considerados os locais sem tráfego, com tráfego do rodado de trator e com tráfego do rodado de colhedora, em duas camadas de amostragens 0,03 a 0,06 m e 0,12 a 0,15 m. Utilizou-se o programa computacional Estat desenvolvido pela UNESP. Os dados obtidos a campo ou em laboratório foram tabulados e submetidos à análise de variância. Quando o valor de F foi significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de análise de médias de Tukey ($P < 0,05$).

3.8.2 Análise estatística para os parâmetros de máquinas agrícolas

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subsubdivididas e 6 repetições. Os tratamentos principais foram definidos por

doses de resíduos da cultura de inverno sobre a superfície do solo (0; 1,32; 2,64; 3,25; 3,84 e 5,12 Mg ha^{-1}). Os tratamentos secundários distribuídos nas subparcelas, englobaram duas profundidades nominais de atuação da haste sulcadora para deposição do adubo, durante a semeadura do milho: 0,06 m e 0,12 m. Como as operações mecanizadas foram acompanhadas desde 2001, e resultaram em 14 passagens de tráfegos de rodados de tratores e 14 passagens de rodados de colhedora, cada subsubparcela corresponderam às passagens dos rodados do trator e da colhedora. Utilizou-se o "software" ESTAT desenvolvido pela UNESP.

Os dados obtidos a campo ou em laboratório foram tabulados e submetidos à análise de variância. Quando o valor de F foi significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de análise de médias de Tukey ($P < 0,05$).

3.8.3 Análise estatística para os parâmetros da cultura do milho

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subsubdivididas e três repetições. Os tratamentos principais foram definidos por doses de resíduos da cultura de inverno sobre a superfície do solo (0; 1,32; 2,64; 3,25; 3,84 e 5,12 Mg ha^{-1}). Os tratamentos secundários distribuídos nas subparcelas, englobaram duas profundidades nominais de atuação da haste sulcadora para deposição do adubo, durante a semeadura do milho: 0,06m e 0,12m, cada subsubparcelas corresponderam às passagens dos rodados do trator, rodado da colhedora.

Cabe ressaltar, quando a cultura é o milho, devido ao espaçamento utilizado de 0,90 m não há linhas dispostas em zonas sem tráfego, por ter sido o experimento inicialmente planejado para espaçamentos da cultura da soja. Os dados obtidos a campo ou em laboratório foram tabulados e submetidos à análise de variância. Quando o valor de F foi significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de análise de médias de Tukey ($P < 0,05$). Utilizou-se o "software" ESTAT- desenvolvido pela UNESP.

As avaliações da cultura do milho foram realizadas em duas áreas experimentais: com irrigação suplementar e sem irrigação. Para a comparação entre os parâmetros medidos na área sob irrigação e nas áreas sem irrigação, foi empregado o teste t (Student) bilateral para dados não pareados ($p < 0,05$), efetuado com o auxílio do programa Microsoft Excel®.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Massa seca da cobertura vegetal

Na Tabela 3 verifica-se que houve uma redução média de 36% do resíduo vegetal aos 104 dias após o manejo das plantas de cobertura do solo. Na época de colheita (196 dias), após o manejo da cobertura do solo, quase a totalidade dos resíduos vegetais já havia sido decomposta.

Tabela 3. Valores médios de matéria seca de resíduos (kg ha^{-1}) sobre o solo avaliado aos 104 e 196 dias após manejo.

*Dose de resíduos vegetais (Mg ha^{-1})	Época de avaliação	
	104 dias após manejo	196 dias após manejo
0	-	-
2	1.320	20
4	2.640	200
5	3.250	200
6	3.840	180
8	5.120	240
Média	**2.695**	**140**

* Dose inicial aplicada sobre o solo

Vários autores relatam que a decomposição dos resíduos culturais depende da natureza e da quantidade do material vegetal (Bertol et al., 1998; Gilmour et al., 1998), da fertilidade do solo (Smith & Douglas 1971), do manejo da cobertura e do grau de fracionamento do resíduo (House & Stinner, 1987), além de condições climáticas (Lyon, 1998; Gilmour et al., 1998), representadas principalmente pelo regime de chuvas e pela temperatura, que influem na atividade microbiana do solo.

A velocidade de decomposição do resíduo vegetal sobre o solo é regulada principalmente pela relação C/N do material, inerente à espécie

vegetal, refletindo-se na velocidade com que o material é decomposto pela fauna do solo. A velocidade de decomposição, segundo Smith & Douglas (1968; 1971), não é influenciada, por outro lado, pela quantidade de N mineral do solo.

O grau de maturação das plantas é um fator que regula a permanência dos resíduos vegetais na superfície do solo, já que elevada relação C/N dificulta a decomposição dos resíduos. Assim, como exemplo, ao se retardar o manejo das plantas de cobertura do solo, permitindo que elas acumulem maior quantidade de compostos ricos em C, tal como a lignina, possibilita-se o aumento da relação C/N na massa vegetal e, conseqüentemente, o aumento de sua resistência à decomposição (Gilmour et al.,1998).

No presente experimento verificou-se que a fragmentação das plantas de cobertura, proporcionada pelo picador distribuidor da colhedora, e a uniformidade de distribuição (manual) acelerou a decomposição dos resíduos (Tabela 3).

Alguns estudos, relacionando a persistência de resíduos vegetais na superfície do solo com a temperatura e a umidade, têm mostrado que essa relação é exponencial negativa (Hunt, 1977; Wieder & Lang, 1982), com pequena influência dessas variáveis sobre a decomposição de resíduos. Em outros trabalhos, tem-se observado relação exponencial negativa entre as quantidades de resíduos vegetais sobre a superfície e o tempo de exposição desses resíduos no solo (Stroo et al., 1989; Bertol et al., 1998) e, ainda em outros, tem-se observado relação linear negativa (Douglas Jr. et al., 1980; Stott et al., 1990), com grande influência da variável tempo sobre a decomposição de resíduos.

Xavier (2005) nesta mesma área, trabalhando com resíduo de aveia preta, verificou que na época de colheita da soja, no experimento irrigado e não irrigado as quantidades foram respectivamente de 3,59 Mg ha^{-1} e 4,87 Mg ha^{-1}, o autor argumenta que no experimento não irrigado apresentou uma massa de resíduos maior devido uma menor taxa de mineralização dos resíduos dispostos sobre a superfície do solo.

Herzog (2003) observou na massa seca de resíduos de aveia preta ainda remanescente sobre a superfície de solo, no momento da colheita da

soja, uma redução média de 50% da quantidade total inicial de resíduo aplicado na superfície do solo, sem diferenças significativas entre os tratamentos profundidade de atuação do sulcador e uso ou não de irrigação suplementar durante o ciclo da cultura da soja.

Aita & Giacomini, (2003) concluíram que a consorciação de aveia e ervilhaca, houve uma redução na decomposição dos resíduos culturais, em relação à ervilhaca solteira, porém o efeito dessa prática sobre a velocidade de liberação de N na fase inicial de decomposição foi pequeno. A velocidade de decomposição e liberação de N dos resíduos culturais das plantas de cobertura foi inversamente proporcional às relações C/N e lignina/N e diretamente proporcional às concentrações de N total na fitomassa e de N e C da fração solúvel em água.

Bortoluzzi & Eltz (2000) avaliaram, em Santa Maria- RS, o manejo da aveia preta (160 dias após a semeadura) através dos tratamentos: palha picada e distribuída, palha após colheita; palha rolada; palha gradeada; palha roçada; e sem palha e sem planta daninha. Observaram que a palha após colheita e a gradeada diminuíram a cobertura do solo em 20 e 74%, respectivamente, no período de 53 dias; a temperatura máxima foi superior no solo sem palha e sem plantas daninhas e inferior no solo com palha após colheita; a velocidade de emergência das plântulas de soja não foi afetada pelos diferentes manejos de palha de aveia, mas foi inferior no tratamento sem palha.

4.2 Porcentagem de cobertura vegetal

Observa-se na Tabela 4, que a menor dose de resíduo (2 Mg ha^{-1}) já proporcionou uma boa cobertura do solo (70%). Isso pode ser explicado pela uniformidade de distribuição realizada manualmente, que em condições de campo nem sempre se consegue uma excelente distribuição de palha em função do equipamento utilizado.

Tabela 4. Porcentagem de resíduos vegetais sobre o solo avaliado, em função da profundidade de atuação da haste sulcadora a 0,06 e 0,12m.

[1]Doses de resíduos (Mg ha^{-1})	Profundidade efetiva do sulcador		Média[1]
	0,06 m	0,12 m	
0	25,0	26,0	25,5 e
2	67,2 B	72,8 A	70,0 d
4	85,8 A	76,7 B	81,2 c
5	84,7	86,5	85,6 b
6	85,2 B	92,1 A	88,7 b
8	95,2	94,3	94,7 a
Média [2]	**73,8 A**	**74,7 A**	**74,3**

[1] Massa aplicada em 02/11/06, logo após manejo da plantas de cobertura.
[2] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).CV dose: 4,29% CV profundidade: 5,68%.

Araújo et al., (2001) relatam que para o manejo de resíduos de milho, soja e trigo, o picador e o distribuidor de palhas acopladas as colhedoras automotrizes constituem um método eficiente e de baixo custo para o manejo destes resíduos, enquanto para o manejo de culturas de cobertura é possível utilizar a roçadora, triturador de palha e rolo-faca. Os dois primeiros realizam fragmentação excessiva, recomendada apenas quando há grande quantidade de massa vegetal e quando se utilizam semeadoras com espaçamentos entre linhas reduzidos (menores que 0,5 m). Para o rolo-faca, sua eficiência depende do tipo de cobertura vegetal, do desenvolvimento da planta na época do manejo, da umidade do solo e da regularidade da sua superfície. Além disso, quando a semeadura requer um espaçamento menor que a distância de corte das lâminas, aumenta muito a possibilidade de embuchamento na semeadora.

De acordo com Prado et al. (2002) a escolha do equipamento é função de diversos fatores técnicos como: taxa de cobertura do solo, época de implantação da cultura de cobertura, capacidade da semeadora para operar sobre a palha manejada, tempo desejado de permanência da palha sobre solo após o manejo, taxa de controle de plantas daninhas, rebrote da planta de cobertura morta e também é função do custo operacional e da disponibilidade do equipamento na propriedade.

No presente experimento verificou-se que a fragmentação das plantas de cobertura, proporcionada pelo picador distribuidor da colhedora, e a uniformidade de distribuição (manual) auxiliou para uma eficiente cobertura do solo (Tabela 4).

4. 3 Atributos físicos do solo

Os valores obtidos para a macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo nas áreas de tráfego controlado em função das doses de resíduos vegetais estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Valores médios de macroporosidade, microporosidade, porosidade total do solo e densidade do solo, nos locais sem tráfego, com tráfego do rodado do trator e da colhedora, em função das doses de resíduos antes da implantação da cultura do milho safrinha.

[1]Doses de resíduos (Mg ha^{-1})	Tráfego controlado			Média[2]
	Trator	Colhedora	Sem tráfego	
----------Macroporosidade (m^3 m^{-3})----------				
0	0,09	0,10	0,13	0,11
4	0,10	0,11	0,12	0,11
8	0,10	0,11	0,13	0,11
Média[2]	**0,10 A**	**0,11 A**	**0,13 B**	**0,11**
----------Microporosidade (m^3 m^{-3}) ----------				
0	0,37 Aa	0,32 B	0,33 B	0,34 a
4	0,32 Ab	0,32 A	0,32 A	0,32 b
8	0,33 Ab	0,32 AB	0,31 B	0,32 b
Média[2]	**0,34 A**	**0,32 B**	**0,32 B**	**0,33**
----------Porosidade total (m^3 m^{-3}) ----------				
0	0,45	0,42	0,46	0,45 a
4	0,42	0,42	0,44	0,43 b
8	0,43	0,43	0,44	0,43 b
Média[2]	**0,44 AB**	**0,43 B**	**0,45 A**	**0,44**
----------Densidade (Mg m^{-3}) ----------				
0	1,59 A	1,64 Aa	1,47 B	1,57
4	1,55	1,52 b	1,53	1,53
8	1,53	1,53 ab	1,45	1,50
Média[2]	**1,56 A**	**1,56 A**	**1,48 B**	**1,54**

[1] Massa aplicada em 02/11/06, logo após manejo da plantas de cobertura
Macroporosidade= CV Doses de resíduos: 18,74%, CV Tráfego:24,57%. Microporosidade= CV Doses de resíduos:6,47%, CV Tráfego: 5,35%. Porosidade=CV Doses de resíduos:4,80 %, CV Tráfego: 6,08%. Densidade= CV Doses de resíduos:8,62%, CVTráfego: 5,56%.
[2]Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

Na Tabela 5 verifica-se que não houve diferença significativa para macroporosidade entre o tráfego do rodado da colhedora e do trator. Na área sem tráfego foram obtidos os maiores valores de macroporosidade do solo.

Nesta mesma área Xavier (2005), verificou que no tratamento com irrigação suplementar, a macroporosidade do solo em locais com tráfego e sem tráfego foi de 0,08 m^{-3} m^{-3} e 0,10 m^{-3} m^{-3}, respectivamente. No tratamento sem irrigação suplementar, a macroporosidade do solo em locais com tráfego e sem tráfego foi de 0,06 m^{-3} m^{-3} e 0,09 m^{-3} m^{-3}, respectivamente. No presente estudo houve um acréscimo para os valores médios de macroporosidade do solo para a condição sem tráfego. Uma das hipóteses pode ser o aumento da eficiência das plantas de cobertura de inverno na redução do grau de compactação do solo. A ausência de tráfego de rodados é uma das medidas que pode acelerar a recuperação física de um solo .

Para a microporosidade do solo observa-se que houve diferença significativa para as doses de resíduos vegetais. No local onde não havia resíduo de cobertura vegetal, o mesmo apresentou maior valor médio de microporosidade quando comparado às doses de 4 e 8 Mg ha^{-1}. Com relação ao tráfego dos rodados, nota-se que o local dos rodados do trator apresentou maior valor médio de microporosidade do solo quando comparada ao tráfego do rodado da colhedora e sem tráfego.

Nesta mesma área Xavier (2005), verificou que no tratamento com irrigação suplementar que a microporosidade do solo em locais com tráfego de trator e sem tráfego valores de 0,35 m^{-3} m^{-3} e 0,38 m^{-3} m^{-3}, respectivamente. No tratamento sem irrigação suplementar estes valores foram de 0,33 m^{-3} m^{-3} no tráfego do trator e 0,36 m^{-3} m^{-3} no local sem tráfego. Verifica-se que no presente estudo, os valores médios de microporosidade do solo para a condição sem tráfego foram menores, já para o tráfego do rodado do trator, os valores foram semelhantes.

Reduções no volume de macroporos em virtude do tráfego, enquanto o de microporos permaneceu inalterado ou até mesmo aumentou, foram também verificadas nos trabalhos realizados por Tormena et al., (1998), Schäffer et al., (2007) e Tarawally et al., (2004).

A porosidade total do solo no local onde não houve nenhuma adição de resíduos vegetais, foi maior quando comparada aos demais tratamentos.

Para a condição de tráfego, observa-se que a área sem tráfego apresentou maior valor, porém não diferindo significativamente do local trafegado pelo rodado do trator. Segundo Schäffer et al. (2007), a densidade do solo e porosidade total, constitui-se em variáveis pouco sensíveis aos efeitos do tráfego, de modo que, em alguns casos, as pressões exercidas pelos rodados não as modificam.

Xavier (2005) nesta mesma área, verificou que no tratamento com irrigação suplementar, a porosidade do solo em locais com tráfego de trator e sem tráfego os valores foram de 0,43 m^{-3} m^{-3} e 0,48 m^{-3} m^{-3} respectivamente. No tratamento sem irrigação suplementar esses valores foram de 0,39 m^{-3} m^{-3} e 0,45 m^{-3} m^{-3}, respectivamente.

As doses de resíduos vegetais não influenciaram a densidade do solo. Para a condição de tráfego de rodados, observa-se que não houve diferença significativa entre o tráfego do rodado do trator e o de colhedora, já na condição sem tráfego, apresentaram menores valores de densidade do solo.

Na Tabela 6 são apresentados os valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo nas camadas de 0,03-0,06 m e 0,12-0,15 m em função dos tráfegos de rodados de trator e colhedora e no local sem tráfego.

Verifica-se que a macroporosidade e a porosidade total na camada de 0,03-0,06 m apresentou maior valor médio quando comparada à camada de 0,12-0,15 m. Na camada de 0,12-0,15 m nota-se que os valores de macroporosidade são considerados críticos segundo alguns autores. Segundo Imhoff (2002), valores de porosidade de aeração abaixo do nível considerado crítico (10%), por sua vez, são atingidos sob menores teores de água.

Tabela 6. Valores médios de macroporosidade, microporosidade, porosidade total do solo e densidade do solo, nos locais sem tráfego, com tráfego do trator e da colhedora em função da camada de solo, antes da implantação da cultura do milho safrinha.

Camada (m)	Tráfego controlado			Média
	Trator	Colhedora	Sem tráfego	
----------Macroporosidade (m^3 m^{-3})----------				
0,03-0,06	0,10	0,11	0,15	0,12 a
0,12-0,15	0,09	0,10	0,11	0,10 b
Média	**0,10 A**	**0,11 A**	**0,13 B**	**0,11**
----------Microporosidade (m^3 m^{-3}) ----------				
0,03-0,06	0,33	0,32	0,32	0,32 a
0,12-0,15	0,35	0,33	0,32	0,33 b
Média	**0,34 A**	**0,32 B**	**0,32 B**	**0,33**
----------Porosidade (m^3 m^{-3}) ----------				
0,03-0,06	0,44	0,43	0,46	0,44 a
0,12-0,15	0,43	0,42	0,43	0,43 b
Média	**0,44 AB**	**0,43 B**	**0,45 A**	**0,44**
----------Densidade (Mg m^{-3}) ----------				
0,03-0,06	1,53	1,51	1,43	1,49 a
0,12-0,15	1,58	1,62	1,54	1,58 b
Média	**1,56 A**	**1,56 A**	**1,48 B**	**1,54**

Macroporosidade: CV Tráfego: 24,57%, CV Profundidade: 25,99%. Microporosidade: CV Tráfego: 5,35%, CV Profundidade: 4,49%. Porosidade: CV Tráfego: 6,08%, CV Profundidade: 6,25%. Densidade: CV Tráfego: 5,56%, CV Profundidade:6,31% [1] Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%)

A microporosidade do solo e a densidade do solo foram menores na camada 0,03-0,06 m em comparação à camada de 0,12-0,15 m. Nesta mesma área Xavier (2005), verificou que no tratamento com irrigação suplementar, a densidade do solo, na camada de 0,00-0,06 m em locais com tráfego de trator e sem tráfego atingiram valores de 1,74 kg m^{-3} e 1,70 kg m^{-3}, respectivamente. Para a camada de 0,06-0,12 m os valores foram de 1,72 kg m^{-3} e 1,68 kg m^{-3} respectivamente. No tratamento sem irrigação suplementar obteve-se para a camada de 0,00-0,06m, em locais com tráfego de trator e sem tráfego, valores na ordem de 1,82 kg m^{-3} e 1,71 kg m^{-3}, respectivamente e para a camada de 0,06-0,12 m, os valores foram de 1,77 kg m^{-3} e 1,69 kg m^{-3}, respectivamente.

Os valores obtidos para a densidade do solo foram inferiores quando comparados com os resultados obtidos por Xavier (2005), cabendo destacar

que este autor utilizou como planta de cobertura, apenas aveia preta, e no presente experimento foi utilizada o consórcio de aveia preta e ervilhaca.

Várias pesquisas têm comprovado que o uso de culturas de cobertura na recuperação de solos compactados engloba o aumento do teor de MOS (matéria orgânica do solo). Reduções na densidade do solo, em virtude do aumento do teor de MOS, têm sido relatadas na bibliografia (Zhang et al., 1997; Arvidsson, 1998; Mosaddegui et al., 2000; Braida, 2004; Jarecki et al., 2005; Debiasi, 2008) e se devem, além do efeito sobre a agregação, a menor densidade de partícula e ao baixo grau de empacotamento dos materiais orgânicos (Soane, 1990).

Verifica-se no presente estudo que os valores médios de densidade do solo para a condição sem tráfego foram de 1,48 Mg m^{-3} e na zona de tráfego de rodado do trator e colhedora foram semelhantes de 1,56 Mg m^{-3}.

Cepik (2002), neste mesmo experimento realizou a análise granulométrica do solo e obteve as porcentagens de areia, silte e argila que foram de: 51,1%, 16,3% e 32,6%, respectivamente.

De acordo com o triângulo textural proposto por Reinert & Reichert (1999), o limite crítico de densidade do solo proposto para esse solo em estudo é de 1,55 Mg m^{-3} para textura média (20 a 55% de argila). No presente experimento, a densidade desse solo é de 1,56 Mg m^{-3}, sendo este valor, já considerado crítico para o desenvolvimento das culturas.

Resultados semelhantes foram observados por Unger (1996), que obteve valor mais elevado de densidade do solo nos locais com tráfego de rodados do maquinário agrícola, em relação aos locais não trafegados. Goedert et al. (2002), avaliando o estado de compactação do solo em áreas cultivadas sob semeadura direta por longo período, concluíram que a densidade, porosidade e resistência mecânica do solo à penetração não apresentaram valores restritivos às plantas, o que foi evidenciado também pelos dados de produtividade das culturas, que não apresentaram diferença significativa.

Na Figura 4, verifica-se que a densidade do solo aumentou linearmente com o incremento dos valores de índice de cone com R^2= 0,59 mesmo comportamento é verificado na Figura 05.

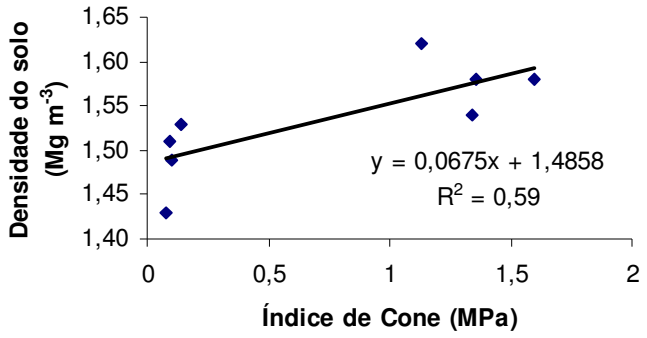


Figura 4**.** Relação entre o índice de cone (0,00-0,06 m) e densidade do solo na camada de 0,03-0,06 m, após o manejo das plantas de cobertura.

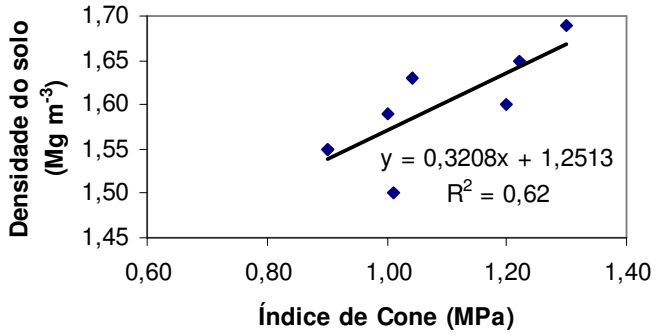


Figura 5. Relação entre o índice de cone (0,06-0,12 m) e densidade do solo na camada de 0,12-0,15 m, após o manejo das plantas de cobertura.

Debiasi (2008) trabalhando com plantas de cobertura (aveia preta + ervilhaca; aveia preta e pousio), observou que a relação do índice de cone com a densidade do solo para a aveia preta+ervilhaca foi de R^2=0,68 sendo este valor significativo.

No entanto devem-se atentar as irregularidades do terreno e a presença de resíduos vegetais na superfície do solo.

Alguns trabalhos relatam que a patinagem está diretamente relacionada à compactação. Nesta pesquisa, constatou-se uma patinagem média de 14% (Apêndice 2). Maziero et al. (1997), determinaram em condições de campo, a influência da patinagem da roda motriz de um trator agrícola na compactação de um solo de textura franca com quatro níveis de patinagem, (0, 10, 20 e 30%). Constataram que houve diferença significativa sobre o índice de cone apenas para os níveis 0 e 30% de patinagem. Os aumentos percentuais do índice de cone foram 19,2; 22,0 e 31,9%, quando se elevou de 0 para 10, 20

e 30% de patinagem, respectivamente, embora não tenha havido diferença significativa na faixa de 10 a 20%. Constataram também, que a maior influência da patinagem ocorreu até a profundidade de 0,05 m.

Durante sete anos consecutivos, Fernandes & Galloway (1987) estudando os efeitos das rodas de um trator de pneu nas propriedades físicas de dois solos também verificaram que os efeitos da compactação foram maiores na camada de 0,10 a 0,20 m. Na profundidade de 0,18 a 0,26 m os valores de índice de cone superaram o valor de 2 MPa, que segundo Klein et al. (1998); Beutler & Centurion (2003) limitam o crescimento radicular para a maioria das culturas.

Os valores obtidos para o índice de cone em função das doses de resíduos vegetais e tráfego controlado são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Valores médios de índice de cone (MPa) em função das doses de resíduos vegetais e tráfego controlado, antes da implantação da cultura do milho safrinha.

Doses de resíduos[1] (Mg ha^{-1})	**Tráfego controlado**			**Média[2]**
	Trator	**Colhedora**	**Sem tráfego**	
0	1,46 Aa	1,55 Aa	1,13 B	1,38 a
4	1,22 Ab	1,28 Ab	1,11 B	1,20 b
8	1,23 Ab	1,26 Ab	1,04 B	1,18 b
Média[2]	**1,30 B**	**1,37 A**	**1,09 C**	**1,25**

[1] Massa aplicada em 02/11/06, logo após manejo da plantas de cobertura de inverno
CV Doses de resíduos: 22,39%, CV Tráfego:10,13%.
[2]Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

As doses de resíduos vegetais (4 e 8 Mg ha^{-1}) sobre a superfície do solo reduziram parte da energia compactante, visto que no tratamento sem resíduo (0 Mg ha^{-1}), apresentou maior valor médio de índice de cone. Entre as doses de 4 e 8 Mg ha^{-1} não houve diferença significativa, porém constata-se que o resíduo vegetal dissipou parte da energia compactante devido ao tráfego de máquinas. Neste estudo houve uma redução média de 14% no índice de cone quando se compara a parcela sem resíduo com as parcelas com doses de 4 e 8 Mg ha^{-1}.

Hilbig et al (2007), avaliaram a capacidade da palha em absorver parte das pressões aplicadas pelas máquinas agrícolas. Os ensaios foram realizados em um Latossolo Vermelho. A palha existente na área era de aveia

e azevém com uma média de 7 Mg ha^{-1} de massa seca. Para a determinação das pressões no solo foram instalados sensores em três profundidades (0,12, 0,27 e 0,45 m), e realizado o tráfego sobre os mesmos para a medição das pressões nas distintas profundidades. No tráfego com palha, obteve-se um efeito significativo na redução das pressões exercidas sobre o solo em relação ao sem palha. Quando comparadas às pressões das diferentes máquinas, não obtiveram diferenças significativas, mesmo com a grande diferença de peso entre a colhedora e o trator, o que pode ser explicado pela maior área de contato pneu-solo da colhedora.

O tráfego dos rodados da colhedora causou maior compactação com maior valor médio de índice de cone, o que está relacionado à distribuição de carga no eixo (4.950 kg no eixo dianteiro ou seja 70% da carga) e 2.250 kg no eixo traseiro, correspondente a 30% da massa total de 7.200 kg. Já o trator com massa total de 3.835 kg possuía 1.530 kg sobre o eixo dianteiro e 2.305 kg sobre o traseiro. A pressão de contato dos pneus dianteiros e traseiros com solo, é de 115 e 120 kPa, e de 173 e 260 kPa respectivamente para o trator e para a colhedora.

Os valores de índice de cone em função do tráfego controlado e camadas de solo são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8**.** Valores médios de índice de cone (MPa) em função das camadas de solo e tráfego controlado antes da implantação da cultura do milho safrinha.

Camada (m)	**Tráfego controlado**			**Média[1]**
	Trator	**Colhedora**	**Sem tráfego**	
0,00-0,06	0,17 d	0,15 c	0,09 d	0,14 d
0,06-0,12	1,19 c A	1,29 bA	0,98 cB	1,15 c
0,12-0,18	1,62 bB	1,78 aA	1,31 bC	1,57 b
0,18-0,24	1,75 abA	1,82 aA	1,48 aB	1,68 a
0,24-0,30	1,79 aA	1,79 aA	1,59 aB	1,72 a
Média[1]	**1,30 B**	**1,37 A**	**1,09 C**	**1,25**

CV Tráfego: 10,13%, CV Profundidade: 9,01%. [1] Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

Verifica-se que as camadas de 0,18-0,24 m e 0,24-0,30 m apresentaram maiores valores médios de índice de cone quando comparada às demais camadas de solo. Na camada de 0,12-0,18 m, nota-se que no local trafegado pelo rodado da colhedora o valor foi maior que na área trafegada

pelo rodado do trator. Segundo Alakukku et al. (2003), o peso das máquinas e a pressão que as mesmas exercem no solo influenciam diretamente na profundidade e distribuição desta camada mais compactada, que geralmente faz parte do subsolo.

Conforme a teoria da transmissão de tensões no solo (Trein, 1995) é de se esperar maiores diferenças em maiores profundidades, uma vez que os pneus da colhedora e os pneus do trator, apesar de serem iguais, sofrem cargas diferentes. O máximo de deformação volumétrica esperado aconteceria em profundidades maiores que a amostrada, pois a falha do solo só estaria totalmente confinada a profundidade maiores que 0,20 m, considerando-se o tipo de pneu utilizado.

A Figura 6 mostra o resultado de resistência do solo à penetração (kPa) medida no tratamento testemunha, sem nenhuma cobertura vegetal (média de três repetições). É possível observar 3 zonas distintas, coincidindo com os locais de tráfegos dos rodados do trator e da colhedora. Verifica-se claramente que no rodado da colhedora, ocorreu um maior grau de resistência à penetração.

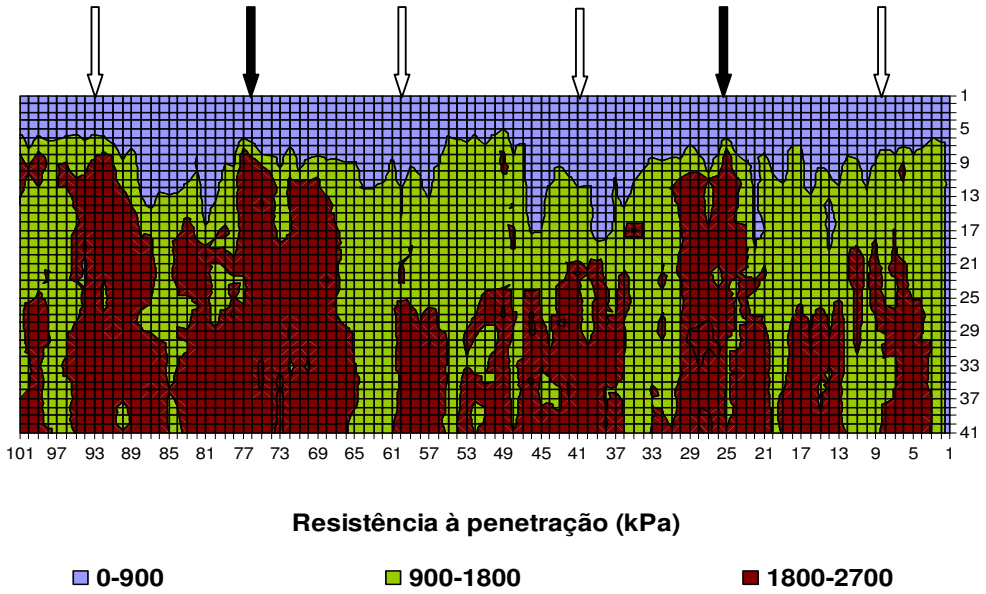


Figura 6. Resistência do solo à penetração (kPa) em um Argissolo Vermelho distrófico típico, sem cobertura vegetal (tratamento testemunha). Setas de coloração branca referem-se aos tráfegos do trator e de coloração preta refere-se aos tráfegos da colhedora.

Nota-se que a área trafegada pelos rodados da colhedora (Figura 6), é mais resistente que o solo trafegado pelos rodados do trator. É possível, devido à pressão de contato dos pneus. Cepik (2006), trabalhando com índice de compressibilidade, nesta mesma área, concluiu que o tráfego dos rodados sobre o solo causou aumento da resistência, evidenciado pelo aumento da pressão de pré-consolidação, houve tendências da tensão de pré-consolidação do solo trafegado pela colhedora ser maior que a tensão de pré-consolidação do solo trafegado pelo trator.

Na Figura 7 e 8 são apresentados o perfil de resistência do solo à penetração nos tratamentos com 4 e 8 Mg ha^{-1} de resíduo vegetal sobre o solo. Visualmente não se observa diferença entre os dois tratamentos, mas quando comparado ao tratamento sem cobertura vegetal as diferenças são claras. A presença da quantidade de cobertura vegetal pode ter sido uns dos fatores preponderantes na atenuação da compactação.

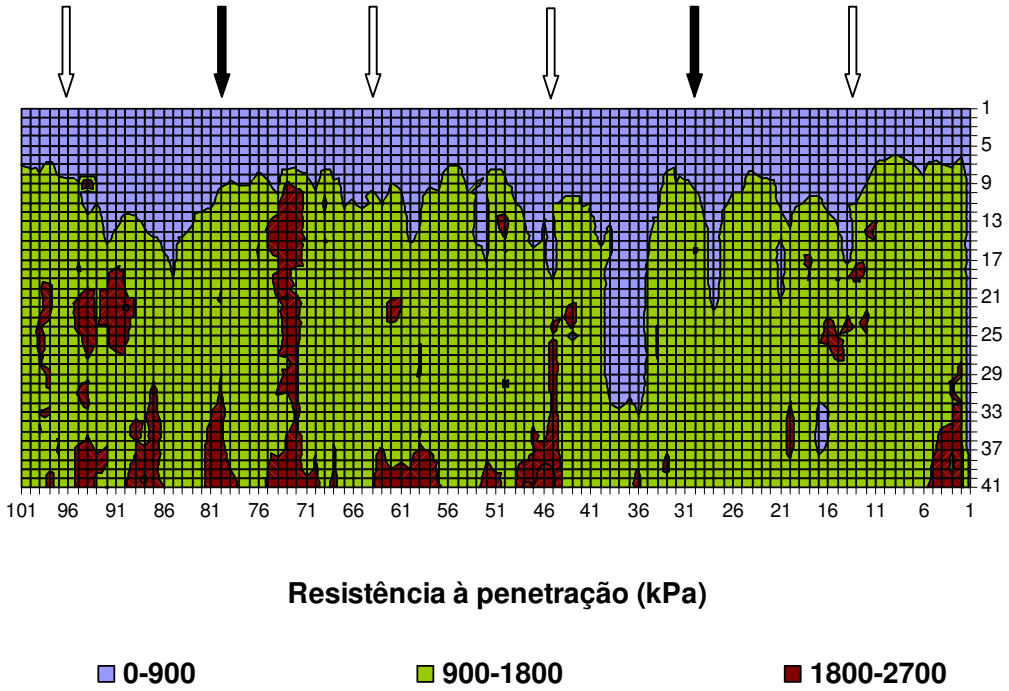


Figura 7. Resistência do solo à penetração em um Argissolo Vermelho distrófico típico, com 4 Mg ha^{-1} de cobertura vegetal. Setas de coloração branca referem-se aos tráfegos do trator e de coloração preta refere-se aos tráfegos da colhedora.

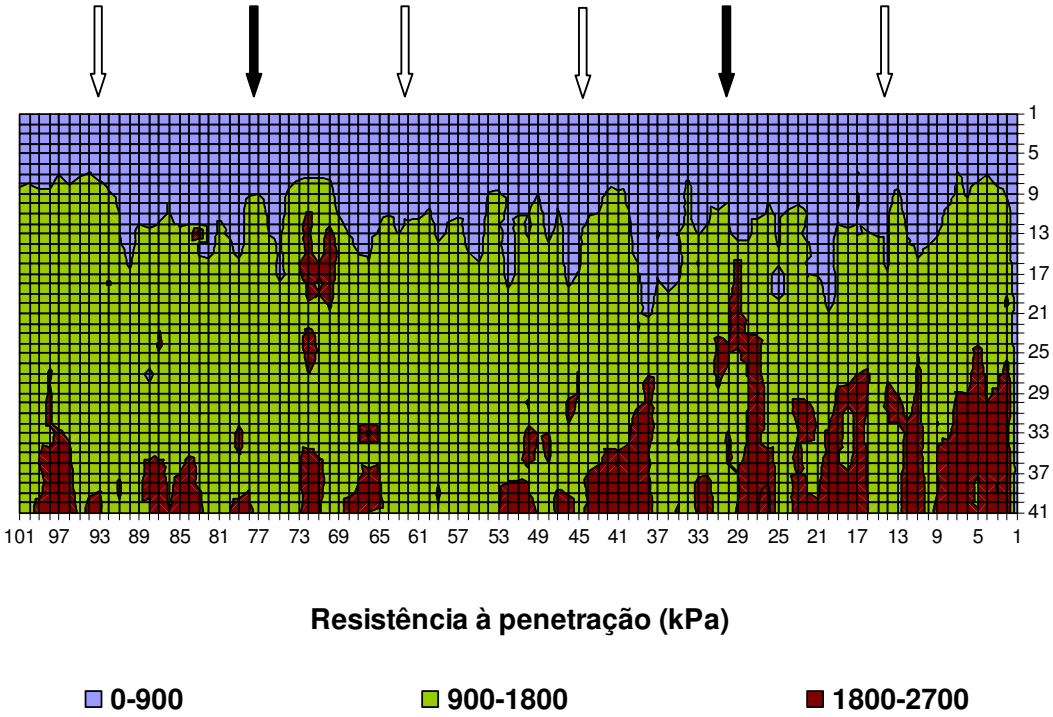


Figura 8. Resistência do solo à penetração em um Argissolo Vermelho distrófico típico, com 8 Mg ha^{-1} de cobertura vegetal. Setas de coloração branca referem-se aos tráfegos do trator e de coloração preta refere-se aos tráfegos da colhedora.

Na Tabela 9, são apresentados os valores médios obtidos para a umidade do solo, avaliada no momento da realização da resistência à penetração.

Tabela 9**.** Valores médios de umidade do solo (kg kg^{-1}) em função das doses de resíduos vegetais realizada no momento da avaliação da resistência à penetração.

Camada (m)	**[1]Doses de resíduos vegetais (Mg ha^{-1})**			
	0	**4**	**8**	**Média[2]**
----------Umidade do solo (kg kg $^{-1}$) ----------				
0,00-0,06	0,13	0,15	0,17	0,15 b
0,06-0,12	0,15	0,17	0,17	0,16 ab
0,12-0,18	0,17	0,16	0,18	0,17 ab
0,18-0,24	0,16	0,17	0,18	0,17 ab
0,24-0,30	0,17	0,17	0,20	0,18 a
Média[2]	**0,15 B**	**0,16 B**	**0,18 A**	**0,17**

[1] Massa aplicada em 02/11/06, logo após manejo da plantas de cobertura de inverno
Umidade do solo= CV Doses: 8,25 %, CV Profundidade: 11,29%.
[2] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

Observa-se que não houve diferença significativa para as doses de 0 e 4 Mg ha^{-1}. No tratamento onde havia maior quantidade de resíduo vegetal (dose 8 Mg ha^{-1}) foram encontrados os maiores valores de umidade do solo.

Nas Figuras 9, 10 e 11 pode-se observar que o índice de cone teve uma relação com a umidade do solo. Segundo Cavalieri et al. (2006), o aumento na umidade do solo diminui a sensibilidade do índice de cone ao incremento no grau de compactação.

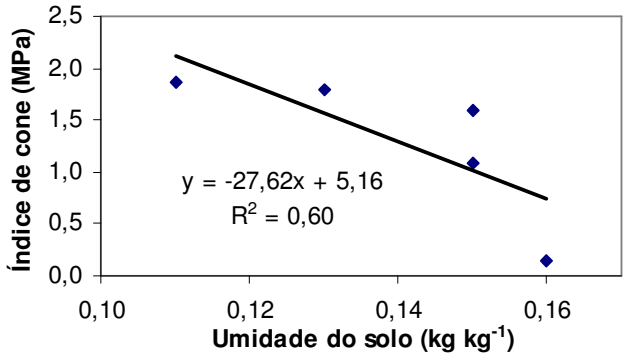


Figura 9**.** Relação entre o índice de cone (MPa) e umidade do solo (kg kg^{-1}) no tratamento sem cobertura vegetal, logo após o manejo de plantas de cobertura.

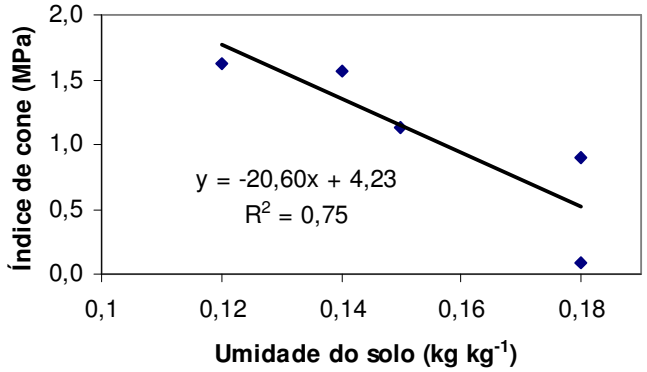


Figura 10**.** Relação entre o índice de cone (MPa) e umidade do solo (kg kg^{-1}) no tratamento com 4 Mg ha^{-1} de resíduo vegetal, logo após o manejo de plantas de cobertura.

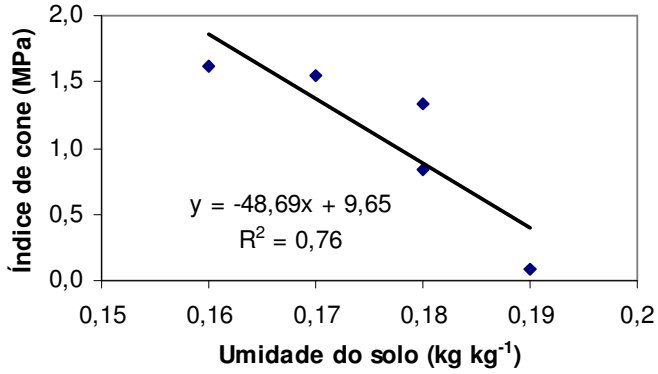


Figura 11. Relação entre o índice de cone e umidade do solo no tratamento com 8 Mg ha^{-1} de resíduo vegetal, logo após o manejo de plantas de cobertura.

4.4 Patinagem das rodas tratórias do trator

Os dados referentes aos efeitos das doses de resíduos vegetais e das profundidades de atuação das hastes sulcadoras de fertilizante sobre a patinagem dos rodados tratórios são apresentados na Figura 12 no Apêndice 2.

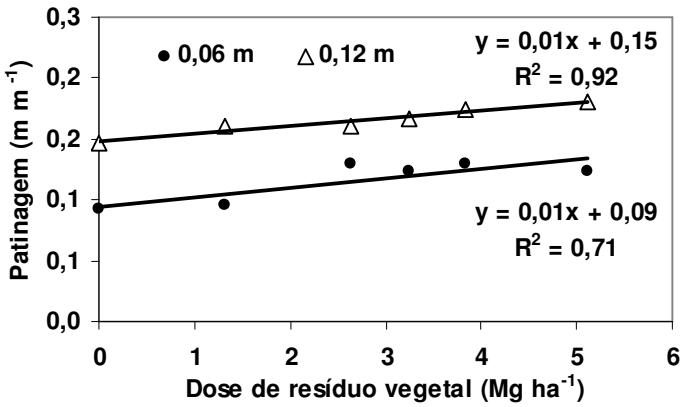


Figura 12. Reta de regressão linear para os valores de patinagem em função das doses de resíduos, com o sulcador de fertilizante atuando a 0,06 e 0,12 m.

Verificou-se que a patinagem dos rodados do trator aumentou com as doses de resíduos distribuídos sobre a superfície do solo. Segundo Debiasi (2008), para que o trator se desloque, o solo deve resistir ao torque imposto pelos seus rodados, cuja magnitude é proporcional ao esforço desenvolvido

pelo mesmo na barra de tração. Os resíduos presentes na superfície do solo não apresentam coesão e atrito suficientes para impor resistência ao torque aplicado pelos rodados. Assim, o trator só deslocou após a remoção parcial dos resíduos, o que ocorre mediante a patinagem dos pneus.

Analisando-se a Figura 12, verifica-se que a mudança da profundidade de atuação do sulcador de fertilizante de 0,06 m para 0,12 m aumentou a patinagem dos rodados do trator em 42%. Com o sulcador operando a 0,12 m, já seria necessário acionar a TDA do trator, em condições de lavoura, com exceção do local sem cobertura do solo com resíduos vegetais (0 Mg ha^{-1}).

A mesma tendência de aumento da patinagem em função do aumento da massa de resíduos sobre o solo, no momento da semeadura, foi observado por Herzog (2003), Gabriel filho et al. (2004) e Cepik et al. (2005). A profundidade de atuação dos sulcadores teve influência significativa sobre a patinagem dos rodados em todos os estados de consistência do solo quando as hastes sulcadoras de fertilizante foram reguladas para atuação a 0,12 m, sendo que os limites aceitáveis de patinagem para o trator, sem utilização da TDA foram ultrapassados, (Cepik et al.,2005).

Maiores valores de patinagens em função do aumento da profundidade de atuação das hastes também foram verificados em outros trabalhos (Cepik, 2002; Herzog, 2003; Silva, 2003; Beutler, 2005; Xavier, 2005; Cepik, 2006; Debiasi, 2008).

4.5 Profundidade máxima do sulco produzido pela haste sulcadora de fertilizante

Os resultados referentes à profundidade máxima do sulco produzido pela haste sulcadora de fertilizante constam na Tabela 10. Como citado no item 3.6, planejou-se operar com o sulcador de fertilizante nas profundidades de 0,06 m e 0,12 m. Nesta última, a média geral foi de 0,125 m, sendo 4% superior à profundidade desejada. Na profundidade de atuação do sulcador facão de 0,06 m, encontrou-se a média de 0,098 m, ou seja 61% superior à planejada.

Tabela 10. Valores de profundidade máxima média efetiva dos sulcos (cm) na operação de semeadura do milho safrinha, em função da profundidade efetiva do sulcador.

Doses de resíduos (Mg ha^{-1})	Profundidade efetiva do sulcador		Média[1]
	0,06 m	0,12 m	
0	8,70	11,85	10,28 b
1,32	9,96	13,36	11,66 ab
2,64	9,64	10,89	10,26 ab
3,25	10,03	11,34	10,69 ab
3,84	9,20	12,05	10,62 ab
5,12	10,57	13,53	12,05 b
Média [1]	**9,68 A**	**12,17 B**	**10,93**

CV Doses de resíduos: 16,62%, CV Profundidade: 14,09%.
[1] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

As profundidades médias atingidas foram superiores as preconizadas teoricamente, o que foi mais evidente para a posição de 0,06 m. Tal comportamento pode ser atribuído à atuação do disco de corte localizado a frente da haste, cuja mola de regulagem foi ajustada sob maior pressão visando diminuir a probabilidade de ocorrência de embuchamento.

Os resultados encontrados estão de acordo com os publicados por Casão Júnior et al. (2000), que compararam dez modelos de semeadoras-adubadoras equipadas com hastes sulcadoras de fertilizante. Os autores constataram dificuldade geral de regulagem da profundidade do sulcador de fertilizante. As máquinas trabalharam entre 0,129 m e 0,199 m, valores bem acima dos 0,10 m desejados nos testes que conduziram. Em função disso, concluíram que é preciso recomendar aos fabricantes estudar projetos que visem o desenvolvimento de um dispositivo para a manutenção da profundidade desejada de atuação da haste sulcadora de fertilizante.

Cepik et al. (2002), avaliou o efeito de diferentes teores de água e velocidades de operação sobre o desempenho de hastes sulcadoras e concluiu que em todos os teores de água nos solos estudados, as profundidades de atuação da haste sulcadora de fertilizante propostas foram atingidas ou ultrapassadas. A profundidade de 0,12 m somente foi atingida quando a haste sulcadora de fertilizante atuou na menor velocidade (4,5 km h^{-1}), em solo úmido. A profundidade de 0,06 m foi ultrapassada em todos os testes realizados. Em solo seco, os valores absolutos das médias das profundidades

atingidas foram os menores dentre todos os tratamentos, apesar de não terem demonstrado diferenças devido à velocidade de operação.

As doses de resíduos vegetais influenciaram a profundidade máxima do sulco na linha de semeadura (Tabela 10). Nota-se que com o aumento das doses de resíduos houve um incremento na profundidade do sulco. Isto provavelmente pode estar relacionado ao teor de água do solo.

Herzog (2003), verificou que as doses de resíduos vegetais não influenciaram a profundidade máxima do sulco na linha de semeadura. Xavier (2005), trabalhando com duas profundidades de hastes sulcadoras (0,06 e 0,10 m), obteve para as doses 0, 2, 3, 4, 5 e 6 Mg ha^{-1} valores de profundidade de sulco 8,5, 8,6, 8,9, 7,6, 7,7 e 7,8 cm respectivamente, verificando uma diferença significativa para as doses de resíduos vegetais.

Na Tabela 11 constam os resultados referentes à profundidade máxima do sulco produzido pela haste sulcadora de fertilizante em função do tráfego de rodados.

Tabela 11. Valores de profundidade máxima média efetiva dos sulcos (cm) na operação de semeadura do milho safrinha, em função do tráfego de rodados.

Doses de resíduos (Mg ha^{-1})	**Tráfego do rodado**		**Média[1]**
	Trator	**Colhedora**	
0	10,85	9,92	10,38 b
1,32	12,55	11,19	11,87 ab
2,64	11,01	9,65	10,33 ab
3,25	10,93	10,70	10,82 ab
3,84	11,00	10,66	10,83 ab
5,12	12,41	12,08	12,24 b
Média [1]	**11,46 A**	**10,70 B**	**11,08**

CV Doses de resíduos: 16,62%, CV Tráfego: 12,22%.
[1] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

Observa-se que a profundidade máxima real de atuação da haste sulcadora foi significativamente maior na condição tráfego pelo rodado do trator comparativamente ao tráfego pelo rodado da colhedora (Tabela 11), o que foi mais pronunciado quando a mesma foi regulada na posição 0,06 m. Isso ocorreu em virtude da utilização de uma haste 0,025 m mais comprida na área trafegada pelo rodado do trator. Como a geometria das hastes empregadas nas zonas com tráfego do rodado do trator e colhedora era idêntica, pode-se inferir

que a compactação nas áreas com tráfego de trator, não afetou de forma pronunciada a profundidade real de atuação das hastes sulcadoras de adubo.

Este comportamento pode estar relacionado à maior força vertical de sucção imposta à haste sulcadora quando esta atua em solos mais densos (Sanchez-Girón et al., 2005), o que teria, desse modo, compensado o maior grau de compactação observada na área trafegada por rodados de trator.

Debiasi et al. (2006), avaliando o efeito de diferentes sistemas de rotação de culturas, tráfego e formas de adubação (orgânica ou mineral) sobre a força de tração demandada por hastes sulcadoras de adubo, concluíram que a profundidade do sulco aberto pela haste que atuou atrás dos rodados foi significativamente inferior da área não trafegada, o que foi atribuído pelos autores, ao maior grau de compactação observado nessa área.

4.6 Área da seção dos sulcos de semeadura

Na Tabela 12 constam os resultados obtidos para a área da seção transversal de solo mobilizada pela haste sulcadora de fertilizante, quantificados logo após a operação de semeadura do milho.

Tabela 12. Valores médios de área da seção dos sulcos (cm^2) na operação de semeadura do milho safrinha, em função da profundidade efetiva do sulcador.

Doses de resíduos ($Mg\ ha^{-1}$)	Profundidade efetiva do sulcador		Média[1]
	0,06 m	0,12 m	
0	65,04	96,97	81,01
1,32	69,41	94,54	81,98
2,64	64,16	78,21	71,19
3,25	60,05	82,68	71,37
3,84	54,86	74,84	64,85
5,12	66,37	91,65	79,01
Média [1]	**63,31 A**	**86,48 B**	**74,90**

CV Doses de resíduos: 31,68%, CV Profundidade: 30,20%.
[1] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e ausência de letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

Verifica-se que o aumento na profundidade de atuação do sulcador de fertilizante (0,06 m para 0,12 m) implicou em aproximadamente 37% de aumento na área da seção dos sulcos, não ocorrendo diferença significativa em função da dose de resíduo vegetal existente sobre o solo no momento da semeadura do milho, nas duas profundidades de atuação do sulcador. Nota-se que o tráfego do rodado do trator apresentou maior valor médio de área de seção transversal de solo mobilizada pela haste sulcadora de fertilizante quando comparado ao tráfego do rodado da colhedora. Tal fato ocorreu em virtude da utilização de uma haste 0,025 m mais comprida, o que é comprovado pelo fato de as diferenças absolutas entre as profundidades máximas de atuação da haste nas regiões com tráfego do rodado do trator e tráfego do rodado da colhedora mostrado anteriormente (Tabela 11).

Os resultados indicam que a mobilização do solo efetuada pelo sulcador de fertilizante da semeadora-adubadora não foi influenciada pelas doses de resíduo. Resultados semelhantes foram encontrados em trabalhos de Cepik et al. (2002a), Cepik et al. (2003b), Silva et al. (2004a) e Xavier (2005).

Segundo Xavier (2005), o fato de a mobilização do solo efetuada pelo sulcador de fertilizante da semeadora-adubadora não ter sido influenciada pelas doses de resíduo pode ser justificada, em parte, primeiramente pelo grau de fracionamento dos resíduos pelo mecanismo picador-distribuidor da colhedora autopropelida de grãos, e depois, pela uniformidade da distribuição manual efetuada. Essa condição de palhada nem sempre é verificada em condição de lavoura.

Na Tabela 13 encontram-se os valores médios de volume de solo mobilizado na operação de semeadura do milho safrinha em função da profundidade de atuação da haste sulcadora de fertilizante. Os valores de volume de solo mobilizado diferiram significativamente em função da profundidade efetiva do sulcador.

Tabela 13. Valores médios de volume de solo mobilizado (m^3 ha^{-1}) na operação de semeadura do milho, em função da profundidade do sulcador.

Doses de resíduos ($Mg\ ha^{-1}$)	**Profundidade efetiva do sulcador**		**Média[1]**
	0,06 m	**0,12 m**	
0	72,19	107,64	89,92
2	77,05	104,94	91,00
4	71,22	86,81	79,02
5	66,66	91,77	79,22
6	60,89	83,07	71,98
8	73,67	101,73	87,70
Média [1]	**70,27 A**	**95,99 B**	**83,14**

CV Resíduos: 39,88%, CV Profundidades: 26,01%.
[1] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e ausência de letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

O aumento da profundidade de atuação das hastes sulcadoras para fertilizante acarreta em um maior custo energético e econômico. Quando a profundidade de atuação passou de 0,06 m para 0,12 m, o volume de solo mobilizado aumentou em 36,6%.

Na Tabela 14 encontram-se os valores médios de volume de solo mobilizado na operação de semeadura do milho safrinha em função do tráfego de rodados do trator e colhedora. Os valores de volume de solo mobilizado diferiram significativamente, na zona de tráfego do trator apresentou maior valor médio de volume de solo mobilizado, quando comparado à zona de tráfego da colhedora.

Tabela 14. Valores médios de volume de solo mobilizado (m^3 ha^{-1}) na operação de semeadura do milho safrinha, em função do tráfego de rodado.

Doses de resíduos (Mg ha^{-1})	Tráfego do rodado		Média[1]
	Trator	Colhedora	
0	94,45	83,73	89,09
2	102,01	83,47	92,74
3	96,79	64,98	80,89
4	75,67	89,04	82,36
5	75,41	70,94	73,18
6	99,64	78,07	88,86
Média [1]	**90,66 A**	**78,37 B**	**84,52**

CV Doses de resíduos: 39,88%, CV Tráfego:25,63%.
[1] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e ausência de letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

Xavier (2005) verificou que o volume de solo mobilizado foi em média 58% maior que aquele observado por Herzog (2003) nesta mesma área experimental, quando o experimento foi instalado. A provável explicação para este comportamento é a quantidade de raízes de gramíneas presentes inicialmente na área, quando esta ainda era campo natural, o que implicou em uma menor mobilização do solo.

Na Tabela 15 são apresentados os valores de área da seção dos sulcos (cm^2) na operação de semeadura do milho safrinha em função do tráfego de rodados.

Tabela 15**.** Valores de área da seção dos sulcos (cm^2) na operação de semeadura do milho safrinha, em função do tráfego de rodado.

Doses de resíduos (Mg ha^{-1})	Tráfego do rodado		Média[1]
	Trator	Colhedora	
0	85,09	75,43	80,26
1,32	91,90	75,20	83,55
2,64	87,20	58,54	72,87
3,25	68,17	80,22	74,20
3,84	67,94	63,91	65,93
5,12	89,77	70,33	80,05
Média [1]	**81,68 A**	**70,60 B**	**76,14**

CV Doses de resíduos: 31,68%, CV Tráfego: 28,73 %.
[1] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%)

A área da seção dos sulcos foi maior no tráfego dos rodados do trator, sendo 16% maior em relação ao tráfego do rodado da colhedora. O fato

de a área de seção dos sulcos serem menor no tráfego da colhedora, pode estar relacionado ao maior valor de índice de cone.

4.7 Força de tração na haste sulcadora de fertilizante

Nas Tabelas 16 e 17 são apresentados os dados referentes à força de tração na haste sulcadora de fertilizante da semeadora-adubadora, nas profundidades de atuação do sulcador de fertilizante de 0,06 m e 0,12 m e nos locais com tráfego dos rodados do trator e da colhedora, respectivamente.

Na Tabela 16, quando o sulcador passou a operar de 0,06 m para a posição de 0,12 resultou num incremento de 76% na força de tração requerida pela haste na semeadura do milho. Beutler (2005) e Xavier (2005) também obtiveram valores maiores de demanda de força de tração em função do aumento da profundidade de atuação da haste sulcadora. Contudo, os incrementos obtidos por estes autores foram maiores, chegando a 150% (Xavier, 2005).

Tabela 16. Valores médios de força de tração (N) na haste sulcadora de fertilizante na operação de semeadura do milho safrinha, em função da profundidade efetiva do sulcador.

Doses de resíduos (Mg ha^{-1})	**Profundidade efetiva do sulcador**		**Média[1]**
	0,06 m	**0,12 m**	
0	852	1409	1131
1,32	758	1403	1081
2,64	768	1353	1060
3,25	792	1423	1107
3,84	768	1398	1083
5,12	813	1383	1098
Média [1]	**792 A**	**1395 B**	**1094**

CV Doses de resíduos: 10,00%, CV Profundidade: 11,29%.
[1] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e ausência de letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

Resultados semelhantes foram encontrados em trabalhos de Cepik et al. (2002a), Cepik et al. (2003b) , Silva et al. (2004a) e Xavier (2005) que observaram maiores valores de força de tração com o aumento da profundidade de atuação das hastes sulcadoras, devido à maior mobilização do solo.

Nas duas profundidades de atuação do sulcador de fertilizante (0,06 m e 0,12 m), a força de tração não foi influenciada pelas doses de resíduos sobre a superfície do solo. Este mesmo comportamento foi verificado por Xavier (2005). As massas de resíduos também não influenciaram a força de tração nos ensaios de Cepik et al. (2002a), Cepik et al. (2003b) e Pinheiro Neto et al. (2004), mas este último autor observou diferenças na força de tração demandada, em função do tipo de cobertura e seu manejo.

Os dados da Tabela 17, mostram que a força de tração requerida pelas hastes de adubo foi aproximadamente 37% superior na área trafegada pelo rodado do trator em relação ao local trafegado pelo rodado da colhedora.

Tabela 17. Valores médios de força de tração (N) na haste sulcadora de fertilizante, na operação de semeadura do milho safrinha, em função do tráfego de rodados.

Doses de resíduos ($Mg\ ha^{-1}$)	**Tráfego do rodado**		**Média[1]**
	Trator	**Colhedora**	
0	1307	955	1131
1,32	1237	925	1081
2,64	1240	881	1060
3,25	1270	945	1107
3,84	1261	905	1083
5,12	1263	934	1098
Média [1]	**1263 A**	**924 B**	**1094**

CV Resíduos: 10,00%, CV Tráfego: 10,78%.
[1] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e ausência de letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

É importante ressaltar que a profundidade máxima do sulco na área trafegada pelo rodado do trator foi significativamente maior do que na região trafegada pelo rodado da colhedora, devido ao emprego de uma haste mais comprida na zona submetida ao tráfego de rodados de trator. Assim, o aumento da força de tração demandada pela haste quando esta atuou na área submetida ao tráfego de rodados do trator deve-se, ao menos em parte, a maior profundidade de atuação da mesma. É possível, entretanto, inferir a respeito do efeito do grau de compactação induzido pelo tráfego de rodados de trator e colhedora sobre a força de tração demandada pelo facão sulcador mediante a comparação dos incrementos proporcionados nessa variável pelo aumento da profundidade de atuação da haste através de regulagem (0,06 e 0,12 m) ou pelo uso de uma haste mais comprida.

Xavier (2005), verificou-se que a força de tração foi 95% maior nos locais trafegados, enquanto na média dos locais com tráfego e sem tráfego, houve um aumento de 150% na força de tração demandada, quando a profundidade de atuação do sulcador de fertilizante passou de 0,064 m para 0,100m.

Tullberg (2000) observou aumentos na força de tração demandada nas hastes da semeadora, quando a mobilização do solo foi efetuada nos locais de tráfego dos rodados de máquinas, em relação a locais não trafegados. Nos locais de tráfego dos rodados do trator, o aumento foi de 80% na força de tração nas hastes, enquanto que nos locais de passagem dos rodados do trator, a demanda na força de tração aumentou em 100% em relação aos locais não trafegados.

Ao relacionar as variáveis, índice de cone e força de tração medida nas hastes sulcadoras de adubo, o coeficiente de correlação foi significativo, indicando que uma dessas variáveis pode indicar o quanto à outra é capaz de variar. Essa correlação entre índice de cone e força de tração foi obtida nas profundidades de 0,06 e 0,12 m, (Figuras 13 e 14).

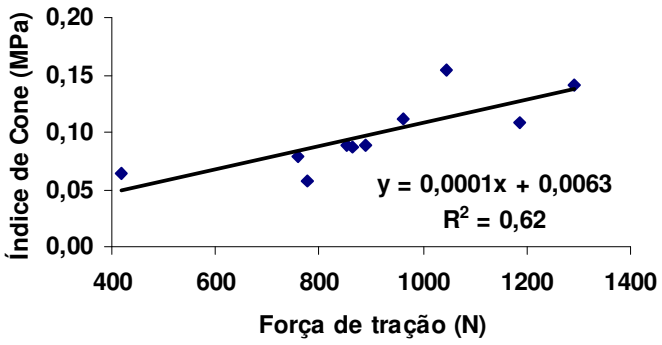


Figura 13. Relação entre a força de tração (N) e índice de cone (MPa) na camada de 0,00-0,06 m.

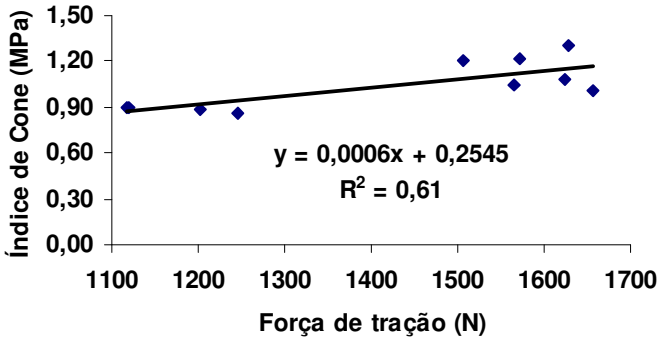


Figura 14. Relação entre a força de tração (N) e índice de cone (MPa) na camada de 0,00-0,12 m.

O índice de cone é um método clássico e eficiente de se diagnosticar compactação do solo, e esta medida apresenta correlação significativa com a força de tração medida nas hastes sulcadoras. Dessa forma, o uso de hastes sulcadoras instrumentadas para aquisição do esforço de tração pode fornecer um diagnóstico da condição física do solo, principalmente com relação à compactação, e assim estimar avaliações específicas para esse fim.

4.8 Força de tração por área da seção transversal do sulco mobilizado (FTA)

A força de tração por área (FTA) refere-se à força de tração demandada na haste sulcadora de fertilizante da semeadora-adubadora relacionada à área da seção transversal do sulco mobilizado pela mesma (Tabela 18).

Tabela 18. Valores médios de força de tração por área da seção transversal do sulco mobilizado (N cm^{-2}) na haste sulcadora de fertilizante na operação de semeadura do milho safrinha, em função da profundidade efetiva do sulcador.

Doses de resíduos (Mg ha^{-1})	**Profundidade efetiva do sulcador**		**Média[1]**
	0,06 m	**0,12 m**	
0	13,10	14,53	13,81
1,32	10,92	14,84	12,88
2,64	11,97	17,30	14,64
3,25	13,19	17,21	15,20
3,84	14,00	18,68	16,34
5,12	12,25	15,09	13,67
Média [1]	**12,57 A**	**16,27 B**	**14,42**

CV Resíduos: 33,77%, CV Profundidades: 31,31%.
[1] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e ausência de letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

Com o sulcador de fertilizante da semeadora-adubadora operando a 0,06 m e 0,12 m, a FTA não foi influenciada pelas doses de resíduos empregados (Tabela 18), sendo este resultado semelhante ao encontrado por Xavier, (2005). No entanto, houve diferenças significativas entre as duas profundidades de atuação das hastes sulcadoras. Similarmente ao verificado para a força de tração, verificou-se que a FTA foi significativamente superior quando a haste sulcadora de fertilizante atuou na maior profundidade. Quando a profundidade de atuação do sulcador passou de 0,06 para 0,12 m verificou-se um acréscimo de 29% na FTA.

Xavier (2005), observou que na profundidade de atuação do sulcador de fertilizante de 0,064m o aumento na força de tração específica (N cm^{-2}) foi de 90%, e na profundidade de 0,100 m foi de 96%, nos locais com tráfego dos rodados do trator, em relação aos locais onde não ocorreu tráfego durante os quatro anos de uso com culturas anuais. A maior demanda de força específica nos locais de tráfego deveu-se a maior resistência do solo ao sulcamento.

Verifica-se na Tabela 19 que os maiores valores de FTA foram constatados na área submetida ao tráfego de rodados do trator, comparativamente a área trafegada pelo rodado da colhedora.

Tabela 19. Valores médios de força de tração por área da seção transversal do sulco mobilizado (N cm^{-2}) na haste sulcadora de fertilizante, na operação de semeadura do milho safrinha, em função do tráfego de rodados.

Doses de resíduos (Mg ha^{-1})	Tráfego controlado		Média[1]
	Trator	Colhedora	
0	15,36	12,66	14,01
1,32	13,46	12,30	12,88
2,64	14,22	15,05	14,64
3,25	18,63	11,78	15,20
3,84	18,56	14,16	16,36
5,12	14,07	13,28	13,67
Média [1]	**15,72 A**	**13,21 B**	**14,46**

CV Resíduos: 33,77%, CV Tráfego: 33,58%.
[1] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e ausência de letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

Com relação a exemplo do que foi discutido para a força de tração, a maior FTA na zona trafegada pelo rodado do trator deve-se, em primeiro lugar, ao emprego de uma haste mais comprida (0,025 m), o que propiciou a esta uma maior profundidade de atuação para uma mesma posição de regulagem. Ainda assim, através da mesma comparação procedida para a força de tração, é possível que o grau de compactação possa ter proporcionado aumentos na força de tração específica.

Na Tabela 20 a força de tração por área da seção transversal do sulco mobilizado, medida durante a semeadura do milho diminuiu com o incremento na profundidade de atuação da haste sulcadora na área com o tráfego do rodado do trator. Porém, na área com tráfego do rodado da colhedora não apresentou diferenças entre as profundidades de deposição do adubo.

Tabela 20. Valores médios de força de tração por área (N cm^{-2}) na haste sulcadora de fertilizante na operação de semeadura do milho, em função do tráfego de rodados e profundidade efetiva do sulcador.

Profundidade da haste sulcadora (m)	Tráfego do rodado		Média[1]
	Trator	Colhedora	
0,06	15,15 Aa	16,23 Aa	15,72 A
0,12	10,00 Ab	16,32 Ba	13,21 B
Média[1]	**12,57**	**16,27**	**14,47**

CV Doses: 33,77%, CV Profundidades: 31,31%.
[1] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%)

Xavier (2005), verificou que houve diferença significativa na força de tração específica entre os locais trafegados e sem tráfego dos rodados do trator, da ordem de 93%. Porém, na média das zonas de solo trafegadas com os rodados do trator e sem tráfego, esta diferença foi de 260%, quando a profundidade de atuação do sulcador passou de 0,064 m para 0,100 m. Isto ocorreu devido ao aumento proporcionalmente muito maior na força de tração (150%), em relação ao acréscimo da área mobilizada na seção transversal do sulco (42%), quando o sulcador operou na profundidade de 0,100 m.

A FTA foi maior para o tráfego do rodado da colhedora, o que se deve ao maior grau de compactação proporcionado por esse tratamento quando comparado ao tráfego do rodado do trator. A FTA foi menor no tráfego do trator, isso sugere menor grau de compactação proporcionado pela área de contato do pneu e o peso aplicado sobre o solo.

No tráfego do rodado da colhedora, a FTA foi maior provavelmente devido ao maior grau de compactação do solo.

4.9 Força de tração por profundidade do sulco (FTP)

A força de tração por profundidade (FTP) refere-se à força de tração demandada na haste sulcadora de fertilizante da semeadora-adubadora relacionada à profundidade máxima do sulco para deposição de fertilizante.

Observa-se que o sulcador de fertilizante da semeadora-adubadora operando a 0,06 m e 0,12 m, a FTP não foi influenciada pelas doses de resíduos empregados (Tabelas 21), mas houve diferenças significativas entre as duas profundidades de atuação das hastes sulcadoras.

Tabela 21. Valores médios de força de tração por profundidade (N cm^{-1}) na haste sulcadora de fertilizante na operação de semeadura do milho, em função da profundidade efetiva do sulcador.

Doses de resíduos (Mg ha^{-1})	Profundidade efetiva do sulcador		Média[1]
	0,06 m	0,12 m	
0	97,91	118,87	108,39
1,32	76,13	105,05	90,59
2,64	79,67	124,25	101,96
3,25	78,96	125,48	102,22
3,84	83,48	116,06	99,77
5,12	76,88	102,22	89,55
Média [1]	**82,17 A**	**115,32 B**	**98,75**

CV Doses de resíduos: 22,47%, CV Profundidade: 21,91%.
[1] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e ausência de letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

Similar ao verificado nos valores de força de tração, a força de tração específica foi significativamente superior quando a haste sulcadora de fertilizante atuou na maior profundidade. Quando a profundidade de atuação do sulcador passou de 0,06 para 0,12 m, verificou-se um acréscimo de 40% na FTP.

Nota-se que na Tabela 22, os maiores valores de FTP foram constatados na área submetida ao tráfego de rodados do trator comparativamente a área trafegada pelo rodado da colhedora. Semelhante ao verificado para a força de tração, a FTP foi significativamente superior quando a haste sulcadora de fertilizante atuou na zona de tráfego do rodado do trator.

A maior FTP na zona trafegada pelo rodado do trator deve-se, em primeiro lugar, ao emprego de uma haste mais comprida, o que propiciou a esta uma maior profundidade de atuação para uma mesma posição de regulagem. Ainda assim é possível afirmar que o grau de compactação proporcionado pelo tráfego de rodados de trator proporcionou aumentos significativos na força de tração específica.

Tabela 22. Valores médios de força de tração por profundidade (N cm^{-1}) na haste sulcadora de fertilizante, na operação de semeadura do milho safrinha, em função do tráfego do rodado.

Doses de resíduos (Mg ha^{-1})	Tráfego do rodado		Média[1]
	Trator	Colhedora	
0	120,49	96,30	108,39
1,32	98,56	82,63	90,59
2,64	112,63	91,29	101,96
3,25	116,16	88,28	102,22
3,84	114,67	84,87	99,77
5,12	101,81	77,29	89,55
Média [1]	**110,72 A**	**86,78 B**	**98,75**

CV Doses de resíduos: 22,47%, CV Tráfego: 21,03%.
[1] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e ausência de letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

Apesar da interação profundidade da haste e condição de tráfego ter sido significativa, os maiores valores de FTP foram observados na área submetida ao tráfego de rodados de trator comparativamente a área trafegada pelo rodado da colhedora (Tabela 23). Semelhante ao que foi discutido para a força de tração, a maior FTP na zona trafegada pelo rodado do trator deve-se, principalmente ao emprego de uma haste mais comprida, o que propiciou a esta uma maior profundidade de atuação para uma mesma posição de regulagem.

Tabela 23. Valores médios de força de tração específica (N cm^{-1}) na haste sulcadora de fertilizante, na operação de semeadura do milho safrinha, em função do tráfego de rodado e profundidade da haste sulcadora.

Profundidade da haste sulcadora (m)	Tráfego do rodado		Média[1]
	Trator	Colhedora	
0,06	98,91 Aa	65,43 Ba	82,17 a
0,12	122,52 Ab	108,12 Bb	115,32 b
Média[1]	**110,72**	**86,78**	**98,74**

CV Doses de resíduos: 22,47%, CV Profundidades: 21,91%.
[1] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

4.10 Número de plantas de milho safrinha aos 19 e 92 dias após a semeadura

As doses de resíduos vegetais não afetaram a população de plantas de milho (Tabela 24). Houve uma redução média de 19% da população de plantas quando comparada aos 19 dias após a semeadura (DAS) e 92 DAS, evidenciando que essa cultura foi sensível, em termos de mortalidade de plantas, as pragas, doenças, condições climáticas e principalmente ao tombamento.

Tabela 24. Número de plantas de milho por hectare, avaliado aos 19 e 92 dias após a semeadura, em função das doses de resíduos e manejo da água.

Doses de resíduos ($Mg\ ha^{-1}$)	Tratamento	
	Irrigado[1]	Sem irrigação[1]
----------19 dias após a semeadura----------		
0	67.817	61.267
1,32	63.225	63.275
2,64	64.417	66.842
3,25	69.533	65.417
3,84	64.442	57.867
5,12	66.600	58.092
Média	**66.006 ***	**62.126 ***
----------92 dias após a semeadura----------		
0	50.475	51.100
1,32	55.250	53.617
2,64	52.925	50.025
3,25	53.608	50.883
3,84	52.683	48.383
5,12	55.083	47.642
Média	**53.337 ***	**50.275 ***

CV plantas/ha aos 19 dias após semeadura: doses de resíduo, tratamento irrigado= 8,39%; tratamento sem irrigação=14,24%. CV plantas/ha aos 92 dias após semeadura: doses de resíduo tratamento irrigado= 11,90%; tratamento sem irrigação= 12,31%. [1] Ausência de letras minúsculas na coluna indica que as mesmas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%). *Diferenças significativas entre as médias obtidas nas áreas com irrigação e sem irrigação, pelo teste t (p<0,05).

Na área sem irrigação verificou-se uma menor população de plantas quando comparada à área irrigada, sendo este comportamento verificado nos dois períodos de avaliação. Logo após a semeadura do milho foi realizada uma

irrigação de 34,5 mm no bloco irrigado (Apêndice 1), o que pode ter propiciado uma melhor condição para a germinação das plantas.

Trabalhando na mesma área, Conte et al. (2006), verificaram que a população de plantas de milho foi menor na condição sem irrigação, e dentro desta, onde não houve tráfego no momento da semeadura. As doses de resíduos sobre o solo e a profundidade de atuação da haste sulcadora não afetaram a população final de milho. A menor população de milho, nas linhas sem o tráfego do rodado do trator na operação de semeadura pode ter como causa, uma maior cobertura de solo por resíduos culturais, que podem ter diminuído o efeito das chuvas que foram de pouco volume acumulado no período de emergência, associado à semeadura com o solo em baixo conteúdo de umidade. A intensa presença e a severidade dos danos da lagarta do cartucho contribuíram para a redução do estande de plantas, apesar do controle realizado.

Silva & Silveira, (2002) verificaram que a profundidade de adubação interferiu no estande final de plantas. A adubação superficial, foi realizada a 0,05 m de profundidade, proporcionou redução no número de plantas em relação à adubação realizada a 0,10 m. A salinidade do adubo distribuído superficialmente no sulco e perto das sementes pode afetar o estande de plantas, por causar redução na germinação e injúrias às plântulas.

A velocidade média de semeadura do milho foi de 3,2 km h^{-1} (Apêndice 3). Alguns autores evidenciaram que velocidades elevadas de operação de semeadura acarretam uma menor densidade de semeadura, neste presente estudo a velocidade se manteve na faixa de 3 a 4 km h^{-1} .

Observa-se na Tabela 25 que a população de plantas de milho aos 19 DAS diminuiu em função do incremento da profundidade de atuação da haste sulcadora. Este comportamento fica mais evidente na área sem irrigação suplementar, onde houve uma redução de aproximadamente 7,4%.

Tabela 25. Número de plantas de milho por hectare, aos 19 e 92 dias após a semeadura, em função da profundidade da haste sulcadora e manejo da água.

Profundidade da haste sulcadora (m)	Tratamento	
	Irrigado[1]	Sem irrigação[1]
----------19 dias após a semeadura----------		
0,06	66989 a	64511 a
0,12	65022 b	59742 b
Média	**66006***	**62126***
----------92 dias após a semeadura ----------		
0,06	52553 a	52019 a
0,12	54311 a	48531 b
Média	**53337***	**50275***

CV plantas/ha aos 19 dias após semeadura: profundidade, tratamento irrigado= 5,44%; tratamento sem irrigação= 5,99%. CV plantas/ha aos 92 dias após semeadura: profundidade tratamento irrigado= 8,59%; tratamento sem irrigação= 11,20%. [1]Médias seguidas de letras diferentes minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%). * Diferenças significativas entre as médias obtidas nas áreas com irrigação e sem irrigação, pelo teste t (p<0,05).

Herzog et al. (2002b) observaram que a emergência de plantas de soja não foi afetada pela profundidade de atuação do sulcador de fertilizante, nem pelas doses de resíduos de aveia preta sobre a superfície do solo.

Na Tabela 26 são apresentados os resultados referentes ao número de plantas de milho por hectare, aos 19 e 92 DAS, em função do tráfego do rodados.

Tabela 26. Número de plantas de milho por hectare, aos 19 e 92 dias após a semeadura, em função do tráfego de rodados e manejo da água.

Tráfego do rodado	Tratamento	
	Irrigado[1]	Sem irrigação[1]
----------19 dias após a semeadura----------		
Trator	65167 a	66664 a
Colhedora	66844 a	57589 b
Média	**66006***	**62126***
----------92 dias após a semeadura ----------		
Trator	54311 a	52019 a
Colhedora	52364 a	48531 b
Média	**53337***	**50275***

CV plantas/ha aos 19 dias após semeadura: tráfego, tratamento irrigado= 8,39%; tratamento sem irrigação=9,45% . CV plantas/ha aos 92 dias após semeadura: : tráfego, tratamento irrigado=7,84%; tratamento sem irrigação= 10,64%. [1]Médias seguidas de letras diferentes minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%). * Diferenças significativas entre as médias obtidas nas áreas com irrigação e sem irrigação, pelo teste t (p<0,05).

No tratamento sem irrigação, observa-se que houve diferença significativa para a condição de tráfego aos 19 dias após a semeadura, sendo o número de plantas foi maior na área de tráfego do rodado do trator. O mesmo comportamento foi verificado na época da colheita. Quando foi realizado o teste t (Student) para o tratamento irrigado e o sem irrigação. Nota-se que houve diferença significativa, apresentando o tratamento sem irrigação, menor número de plantas por hectare.

As semeadoras-adubadoras desempenham funções, tais como: cortar a palha, dosar o adubo e sementes, abrir um sulco no solo e depositar o fertilizante e a semente na profundidade e distância desejadas. Entretanto, com a utilização da haste sulcadora, é possível que ocorram diferenças na qualidade do trabalho realizado, dependendo das condições físicas desse solo.

Uma das hipóteses para o maior número de plantas na área do rodado do trator, seria que os rodados do trator cisalham a superfície do solo, para desempenhar tração. Isto poderia proporcionar uma maior ruptura do solo, ou seja formando pequenos torrões, sendo esta condição favorável para a emergência das sementes de milho. Já na zona de tráfego dos rodados da colhedora, a resistência à penetração é maior, a ruptura do solo propiciaria a formação de grandes torrões, prejudicando o contato solo-semente.

No momento da semeadura, o disco de deposição de semente atua no mesmo sulco formado pela haste sulcadora de fertilizante, podendo a semente se depositar em uma profundidade maior do que a planejada, acarretando uma baixa germinação, devido à profundidade inadequada e pelo contato com o grânulo de fertilizante. Uma das alternativas seria a utilização de uma roda compactadora a frente do disco de deposição de sementes, a qual uniformizaria a superfície do solo, minimizando esse problema.

4.11 Estatura de plantas de milho aos 60 dias após a semeadura

Nas Tabelas 27, 28 e 29 são apresentados os valores de estatura de plantas de milho aos 60 dias após a semeadura do milho, nos experimento irrigado e não irrigado. Verifica-se que nos dois experimentos avaliados não houve diferenças entre os tratamentos doses de resíduos, profundidade do

sulcador e condição de tráfego dos rodados. A altura de plantas não foi afetada pelo manejo de água pelo teste t (Student).

Tabela 27. Estatura média de plantas de milho (m) aos 60 dias após a semeadura, em função das doses de resíduos vegetais e manejo da água.

Doses de resíduos ($Mg\ ha^{-1}$)	Tratamento	
	Irrigado[1]	Sem irrigação[1]
0	1,78	1,67
1,32	1,82	1,78
2,64	1,90	1,90
3,25	1,96	1,93
3,84	1,88	1,94
5,12	1,88	1,94
Média	**1,87** ^{ns}	**1,86** ^{ns}

CV Resíduos: 9,43%, CV Doses de resíduos: 13,99%.
[1] Ausência de letras na coluna indica que as mesmas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%). $^{(ns)}$ Sem diferenças significativas entre as médias obtidas nas áreas com irrigação e sem irrigação, pelo teste t (p<0,05).

Tabela 28. Estatura média de plantas de milho (m) aos 60 dias após a semeadura, em função da profundidade da haste sulcadora e manejo da água.

Profundidade da haste Sulcadora (m)	Tratamento	
	Irrigado[1]	Sem irrigação[1]
0,06	1,86	1,84
0,12	1,88	1,88
Média	**1,87** ^{ns}	**1,86** ^{ns}

Irrigado= CV Profundidades: 3,15%, Sem irrigação=CV Profundidades: 8,77%.
[1] Ausência de letras na coluna indica que as mesmas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).$^{(ns)}$ Sem diferenças significativas entre as médias obtidas nas áreas com irrigação e sem irrigação, pelo teste t (p<0,05).

Tabela 29. Estatura média de plantas de milho (m), aos 60 dias após a semeadura, em função do tráfego de rodados e manejo da água.

Tráfego do rodado	Tratamento	
	Irrigado[1]	Sem irrigação[1]
Trator	1,84	1,85
Colhedora	1,90	1,90
Média	**1,87** ^{ns}	**1,87** ^{ns}

Irrigado=CV Tráfego: 4,63%, Sem irrigação: CV Tráfego: 6,07%.
[1] Ausência de letras na coluna indica que as mesmas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%). $^{(ns)}$ Sem diferenças significativas entre as médias obtidas nas áreas com irrigação e sem irrigação, pelo teste t (p<0,05).

Conte et al. (2006), trabalhando nesta mesma área obteve uma produção de grãos de 8.351 kg de milho (1º safra), as condições climáticas

foram propícias para a cultura, estima-se que a produção de massa da parte aérea de milho seja em torno de 10 Mg ha^{-1}. Na área sem irrigação a produção de grãos foi de 3.612 kg, sendo a produção de massa de parte aérea menor quando comparada à área irrigada.

Esperava-se uma maior estatura de plantas no tratamento irrigado, devido a grande quantidade de massa de parte aérea de milho da safra anterior e a utilização de irrigação suplementar, que poderia propiciar melhores condições para seu desenvolvimento, mas esse comportamento não foi verificado.

4.12 Produtividade de grãos de milho safrinha

Os valores da produtividade média de grãos de milho safrinha em função das doses de resíduos vegetais e manejo da água são apresentados na (Tabela 30).

Tabela 30. Produtividade média de grãos de milho (Mg ha^{-1}), em função das doses de resíduos vegetais e manejo da água.

Doses de resíduos (Mg ha^{-1})	**Tratamento**	
	Irrigado[1]	**Sem irrigação[1]**
0	4,05	4,54
1,32	4,07	4,39
2,64	4,16	4,16
3,25	4,38	4,55
3,84	4,31	4,60
5,12	4,02	4,54
Média	**4,17 ***	**4,46 ***

Irrigado= CV Doses de resíduos: 10,54%. Sem irrigação= CV Doses de resíduos: 12,07%
[1] Ausência de letras na coluna indica que as mesmas não diferem entre si pelo teste de Tukey
*Diferenças significativas entre as médias obtidas na área com irrigação e sem irrigação, pelo teste t ($p<0,05$).

A produtividade de grãos de milho não foi influenciada pelas doses de resíduos e pelo tráfego de rodados do trator e da colhedora.

Herzog (2003) na mesma área, verificou maiores produtividades de grãos no experimento irrigado, em relação ao não irrigado, sem diferenças significativas nos tratamentos doses de resíduos e profundidade de atuação do sulcador de fertilizante.

Cruz (1999), avaliou o efeito da quantidade de palha na superfície do solo sobre a produtividade do milho (média de 4 anos de condução de experimento). As quantidades de resíduos vegetais avaliadas foram: 0, 3, 6, 9 e 12 Mg ha^{-1}, sendo que as produtividades foram de: 4.110; 4.365; 4.603; 4.727 e 5.710 kg ha^{-1} respectivamente. Para cada tonelada de palha na superfície do solo, houve um incremento de 2% na produtividade do milho.

Analisando a Tabela 30, nota-se que a produtividade média de grãos de milho no experimento irrigado foi de 4.170 kg ha^{-1} ou 70 sacos por hectare. No experimento sem irrigação suplementar, a produtividade de grãos do milho safrinha foi de 4.460 kg ha^{-1} (74 sacos por hectare), ou seja uma diferença de 290 kg ha^{-1} (5 sacos).

Conte et al. (2006), verificou que a produtividade do milho foi influenciada positivamente pelo uso da irrigação, sendo que, na média, a produtividade foi cerca de 2 vezes superior nos tratamentos irrigados do que nos tratamentos sem irrigação. A quantidade de resíduos na superfície do solo afetou significativamente a produtividade de milho, nos tratamentos sem irrigação as maiores doses corresponderam a maior produtividade, provavelmente em função da menor evaporação de água proporcionada pela maior cobertura do solo. Este efeito pode ser observado nos tratamentos onde as doses de resíduos foram igual ou maior que 4 Mg ha^{-1}.

Como o milho foi semeado 104 dias após o manejo dos resíduos vegetais, grande parte do nitrogênio pode ter sido liberado, não sendo aproveitado pela cultura do milho, pois a decomposição da ervilhaca é rápida (Da Ros Aita, 1996), é provável que após esse período, a maior parte do N presente nos resíduos da ervilhaca tenha sido mineralizada e, em seguida reimobilizada pelos microrganismos durante a decomposição dos resíduos de aveia preta, que apresentam relação C/N mais elevada (Heirichs, 1996). Diante disso, o N não ficou disponível para o milho, no início do seu desenvolvimento, acarretando efeitos na sua produtividade. Segundo Aita & Giacomini, (2003) verificaram que a ervilhaca solteira e os consórcios de aveia+ervilhaca, a maior parte do N foi liberada durante os primeiros quinze dias de decomposição dos resíduos culturais.

Uma das hipóteses que poderia explicar a diferença entre a produtividade do experimento irrigado e não irrigado seriam principalmente as

condições climáticas do período, o número de plantas por hectare e a produtividade elevada do milho na safra anterior (2005/06) na área irrigada. Conte et al. (2006), nesta mesma área, verificou que no ano agrícola 2005/2006 a produtividade na área irrigada e não irrigada foi de 8.351 kg ha^{-1} e 3.612 kg ha^{-1}, respectivamente. Provavelmente na área irrigada, houve uma maior extração de nutrientes do solo, consequentemente afetando no desempenho produtivo do ano seguinte, já que neste experimento a adubação foi igual no tratamento irrigado e sem irrigação.

Analisando os dados da Tabela 25 e 26 , verifica-se que houve uma diferença de aproximadamente 6% a menos de plantas de milho no experimento sem irrigação. O menor número de plantas por unidade de área pode ter resultado numa menor competição por recursos ambientais e assim proporcionando maior produtividade do milho, pois não faltou água durante o período.

Segundo a recomendação da AGROMEN Semente (2006), o ideal para milho safrinha seria uma população média de 47.000 plantas por hectare. Na presente pesquisa foram utilizados em média, 65.000 plantas por hectare.

Segundo a Reunião Técnica (2006), o uso de alta densidade de plantas pode reduzir a atividade fotossintética da cultura, a eficiência de conversão dos fotoassimilados à produção de grãos, favorecer a esterilidade feminina, aumentar o intervalo entre os florescimentos masculino e feminino e reduzir o número de grãos por espiga. Entre as formas existentes de manipulação do arranjo espacial em milho, a densidade de plantas é a que tem maior interferência na produtividade de grãos, já que pequenas alterações na população implicam em modificações significativas na produtividade de grãos.

Verifica-se que a produtividade de milho deste presente experimento foi acima da média do Estado do Rio Grande do Sul e da média nacional. De acordo com a EMATER (2006), no Estado do Rio Grande do Sul no período de 1996-2006, a produtividade média foi de 2.349 kg ha^{-1}. A produtividade média nacional de milho é de 3.040 kg ha^{-1} (IBGE, 2006).

Na Tabela 31 observa-se que a produtividade foi alta na maior profundidade de atuação da haste sulcadora de fertilizante, sendo que o aumento foi de 14% na área irrigada e 9% na área sem irrigação.

Tabela 31. Produtividade média de grãos de milho safrinha (Mg ha^{-1}), em função da profundidade de atuação da haste sulcadora e manejo da água.

Profundidade da haste Sulcadora (m)	Tratamento	
	Irrigado[1]	Sem irrigação[1]
0,06	3,86 b	4,26 b
0,12	4,48 a	4,67 a
Média	**4,17***	**4,46***

Irrigado=CV Profundidade:11,27%, Sem irrigação= CV Profundidade: 7,82%.
[1] Médias seguidas de letras diferentes minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%). *Diferenças significativas entre as médias obtidas na área com irrigação e sem irrigação, pelo teste t (p<0,05).

Silva & Silveira, (2002) avaliaram o estabelecimento da cultura do milho, através de uma semeadora adubadora provida de um dosador de sementes de disco horizontal perfurado e de quatro linhas de semeadura. A máquina foi operada em 4 velocidades de deslocamento (3, 6, 9 e 11,2 km h^{-1}) e em duas profundidades de adubação (0,05 e 0,10 m), num Latossolo Roxo eutrófico com plantio direto há 12 anos. As velocidades de operação da semeadora adubadora de até 6 km h^{-1} e a adubação realizada a 0,10 m de profundidade, propiciam maior estande de plantas, quantidade de espigas e produtividade, em comparação com as velocidades de 9 e 11,2 km h^{-1} e com a adubação superficial.

A aplicação dos fertilizantes em profundidade pode beneficiar a cultura, tendo em vista a maior possibilidade de estímulo do aprofundamento do sistema radicular das plantas. Entretanto, o trabalho dos mecanismos rompedores do solo para a deposição de fertilizante em profundidade pode diminuir o contato solo/semente, prejudicando sua emergência (Prado et al. 2002), fato já comentado anteriormente.

Pires et al. (1998), estudaram a influência da profundidade de deposição de fertilizantes (0,05, 0,20 e 0,25 m), por ocasião da semeadura da cultura do milho, com a semeadora-adubadora (tipo Turbo Max) em área irrigada, no sistema plantio direto e no convencional, adubado com 550 kg ha^{-1} de 4-14-8. Pelos resultados, observou-se que a profundidade de deposição do fertilizante não afetou o estado nutricional da cultura do milho. Talvez a ausência de resposta seja pela falta de um tratamento numa faixa intermediaria, em 0,15 m, por exemplo.

Normalmente, a maior profundidade de deposição do adubo está condicionada aos mecanismos rompedores, uma vez que Takahashi et al. (2001) testaram dois desses mecanismos rompedores, em sistema de plantio direto: a haste e o disco duplo desencontrado, sendo que a haste possibilitou maior profundidade de deposição de adubo (0,14 m) comparado ao disco duplo (0,09 m).

Xavier (2005), verificou que no experimento não irrigado, houve diferença significativa em função das profundidades de atuação do sulcador de fertilizante. Na média dos tratamentos das doses de resíduos, houve um acréscimo, significativo, de 180 kg ha^{-1} de grãos de soja (10%) a mais na maior profundidade de atuação do sulcador de fertilizante.

Os valores obtidos para a produtividade média de grãos de milho safrinha (Mg ha^{-1}), em função do tráfego de rodados e manejo da água são apresentados na Tabela 32.

Tabela 32. Produtividade média de grãos de milho safrinha (Mg ha^{-1}), em função do tráfego de rodados e manejo da água.

Tráfego do rodado	**Tratamento**	
	Irrigado[1]	**Sem irrigação[1]**
Trator	4,16	4,46
Colhedora	4,18	4,46
Média	4,17*	4,46*

Irrigado=CV Tráfego: 13,04%, Sem irrigação=CV Tráfego: 9,79%
[1] Ausência de letras na coluna indica que as mesmas não diferem entre si pelo teste de Tukey
*Diferenças significativas entre as médias obtidas na área com irrigação e sem irrigação, pelo teste t ($p<0,05$).

Na Tabela 32, verifica-se que a produtividade não foi influenciada pelo tráfego do rodado do trator e da colhedora. Isso pode ser devido à melhoria das condições físicas deste solo, não afetando o desempenho produtivo do milho safrinha, quando comparado ao ano agrícola de 2005 conduzida por Xavier, (2005).

Conte et al., (2006) verificaram que no tratamento sem irrigação a produtividade foi maior nas linhas semeadas sobre o tráfego de trator e onde a haste sulcadora atuou a 0,06 m de profundidade. Conforme o autor este resultado é esperado, visto que a pressão aplicada ao solo pelo rodado do trator é menor que o do rodado da colhedora, resultando numa condição física de solo melhor para o desenvolvimento radicular das plantas. Este fato também

deve ser analisado juntamente com a população de plantas que foi menor nessa condição e tendo como provável a mesma causa, e assim refletindo-se na produtividade do milho.

5. CONCLUSÔES

Nas condições em que o presente trabalho foi realizado, após sete anos de uso com culturas anuais, podemos concluir que:

1) Houve uma rápida decomposição dos resíduos vegetais (aveia preta e ervilhaca) antes e durante o desenvolvimento da cultura do milho safrinha.

2) Nos locais onde houve tráfego dos rodados do trator e colhedora, os valores de resistência à penetração, densidade do solo e microporosidade do solo foram maiores, e os de macroporosidade menores, em relação aos locais sem tráfego.

3) Houve um incremento na patinagem dos rodados do trator na operação de semeadura do milho safrinha, com o aumentou da profundidade de atuação do sulcador de fertilizante, e com as doses de resíduo cultural sobre a superfície do solo.

4) O volume de solo mobilizado pela haste sulcadora de fertilizante da semeadora-adubadora diferiu quanto à profundidade da haste sulcadora de fertilizante e os tráfegos de rodados do trator e colhedora.

5) As doses de resíduo não influenciaram: a força de tração, a força de tração por área, força de tração por profundidade e o volume de solo mobilizado. A força de tração, força de tração por área, força de tração por profundidade foram influenciadas pelas profundidades de atuação da haste sulcadora de fertilizante.

6) A população de plantas de milho foi influenciada pelas profundidades do sulcador de fertilizante, tráfego dos rodados e pelo manejo da água.

7) A produtividade de grãos foi maior no tratamento sem irrigação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ACIAR - AUSTRALIAN CENTRE FOR INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH. **Project 9209**: Conservation tillage and controlled traffic. Canberra : ACIAR, 1998.

AGROMEN. **Sementes -AGN 2012**. Disponível em: < http://www.agromen.com.br> Acesso em :18 out 2007.

AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N.; DA ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n.1 . 157-1165, 2001.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.601-612, 2003.

ALAKUKKU, L.; WEISSKOPF, P.; CHAMEN, W.C.T.; TIJINK, F.G.J.; VAN DER LINDEN, J.P.; PIRES, S.; SOMMER, C.; SPOOR, G. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review Part 1. Machine/soil interactions. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 73, n. 1-2, p. 145-160, 2003.

AMADO, T.J.C. **Disponibilidade de nitrogênio para o milho em sistemas de cultura e preparo de solo**, 201f. 1997. Tese (Doutorado) - Programa de Pos Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre,1997.

ARAÚJO, A. G.; CASÃO JÚNIOR, R.; SIQUEIRA, R. **Mecanização do plantio direto: problemas e soluções**. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 2001. 18p. (Informe da pesquisa, 137).

ARVIDSON, J.; HAKANSSON, I. A model for estimating crop yield losses caused by compaction. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 20, n. 1-2 p.319-332, 1991.

ARVIDSSON, J. Influence of soil texture and organic matter content on bulk density, air content, compression index and crop yield in field and laboratory experiments. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 49, n. 1-2, p.159-170, 1998.

ASAE - AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Agricultural machinery management data. In: ASAE standards 1996*:* standards engineering practices data. (ASAE D-497.2) Saint Joseph, 1999. p. 332-339.

ASAE - AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Soil Cone Penetrometer – ASAE S313.3.** Saint Joseph, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Ensaio de adensamento unidimensional**:NBR 12007, MB – 3336. Rio de Janeiro, 1994. 13p.

BENNIE, A. T. P. Growth and mechanical impedance. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. **Plant roots**. 2nd ed. New York: M. Dekker, 1996. p. 453-470.

BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M.R.; CARDOSO, L. S.; SILVA, M. I. G. **Clima da Estação Experimental da UFRGS (e região de abrangência)**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 78p.

BERGAMASCHI, H; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.

BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; KURTZ, C.; BAPTISTA, A.S. Persistência dos resíduos de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 22, n.4 p. 705-712, 1998.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária. Brasileira**, Brasília, v.37, n.7, p.849-856, 2003.

BEUTLER, J. F. **Parâmetros de solo e máquinas na semeadura direta de milho e soja em duas coberturas de solo sobre campo natural** 2005. 107 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre, 2005.

BICKI, T. J.; SIEMENS, J. C. Crop response to wheel traffic soil compaction. **Transaction of the American Society of Agricultural Engineering,** Saint Joseph, v. 34, n.3, p. 909-913, 1991.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Sistemas consorciadas deaveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.4, p. 897-903, 2000.

BORTOLOTTO, V.C.; NÓBREGA, L.H.P.; LOPES, R.A.P.; PRIOR, M. Influência da compactação no desenvolvimento inicial de seis cultivares de soja sob dois sistemas de cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. 1 CD-ROM.

Bortoluzzi, E.C.; Eltz, F.L.F. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,Viçosa, v.24, n.2, p.449-457, 2000.

BOTTA, G.; JORAJURÍA, D. ; DRAGHI, L. ; DAGOSTINO, C. La profundidad de huella y la resistencia a la penetración del suelo, bajo diferentes intensidades de tráfico. In: AVANCES Ingeniería Agrícola. Buenos Aires : Orientación Gráfica SRL, 2000. p. 686.

BRAIDA, J. A. **Acúmulo de resíduos vegetais na superfície e de matéria orgânica no solo e suas implicações no comportamento mecânico do solo sob plantio direto**. Santa Maria : UFSM, 2004. 106 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós- Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006. 120 p.

BRASIL. IPEAS. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul.** Recife, 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 30).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadeia produtiva do milho.** Brasília- DF : IICA : MAPA/SPA, 2007. p.108 (Agronegócios, v. 1).

CARDOSO, E. G.; ZOTARELLI, L.; PICCININ, J. L.; TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; GUIMARAES, M. F. Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sitema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. p. 493-501, 2006.

CARDOSO, F. P. **Braquiária mais que pasto II**: palhada, alelopatia e fungos. Brasília: APDC, 2001a. p.4. (Direto no Cerrado, 20).

CASÃO JUNIOR, R.; ARAUJO, A.G.; RALISCH, S.; SILVA, A.L.; LADEIRA, A. S.; SILVA, J.C.; MACHADO, P.; ROSSETO, R. **Avaliação do desempenho da semeadora- adubadora Magnum 2850PD no basalto paranaense**. Londrina: IAPAR, 1998. p. 1-47. (Circular IAPAR, 105).

CASÃO JUNIOR, R.; CAMPOS, C.F. Desempenho de diferentes sistemas de acabamento de semeadura em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004. 1 CD-ROM.

CASÃO JÚNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; ARAÚJO, A.G.; RALISH, R. **Dinâmica de semeadoras-adubadoras diretas em Primeiro de Maio, PR.** Londrina: IAPAR, 2000. 14 p. (Boletim técnico).

CASTRO NETO, P. **Desenvolvimento e avaliação de equipamentos e metodologia para determinação de parâmetros físicos do solo relacionados a dias trabalháveis com máquinas agrícolas** Botucatu: Unesp, 2001. 155 f. Tese (Doutorado) - Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

CAVALIERI, K. M. V.; TORMENA, C. A.; VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES, A. C. A.; COSTA, A. C. S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 137-147, 2006.

CEPIK, C. T. C.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R. Patinagem do trator e demanda de tração em função da profundidade de atuação das hastes sulcadoras de adubo e doses de resíduos sobre o solo, na semeadura direta do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003b. 1 CD-ROM.

CEPIK, C. T. C.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O. Estado de compactação do solo em área sob semeadura direta, mapeado por meio de dados de esforço de tração em haste sulcadora de semeadora.In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34., 2005, Canoas. **Anais...** Canoas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005. 1 CD-ROM.

CEPIK, C. T. C.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; SPELLMEIER, M. Massa seca de raízes em função da profundidade de atuação das hastes sulcadoras de adubo e doses de resíduos sobre o solo, na semeadura direta do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2003a. 1 CD-ROM.

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

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

CEPIK, C.T.C. **Análise do desempenho de uma haste sulcadora de semeadora-adubadora, em diferentes teores de água no Solo, velocidades e profundidades de trabalho.** 60 f. 2002. Dissertação (Mestrado) – Programa

de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

CEPIK, C.T.C. **Parâmetros de solo e máquinas em semeadura direta com doses de cobertura e configurações de deposição de fertilizante**. 104 f. 2006. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

CHAMEN, T.; ALAKUKKU, L., PIRES, S.; SOMMERD, C. SPOOR, G.; TIJINK, F.; WEISSKOPF, P. Prevention stragies for field traffic-induced subsoil compaction: a review Part 2. Equipment and field practices. **Soil & Tillage Reseach**, Amsterdam, v. 73, n. 1-2, p. 161-174, 2003.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2004. 394 p.

CONAB **-** COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasília, DF). **Safra 2008/2008**: Quarto Levantamento janeiro de 2008. Disponível em : < http: www.conab.gov.br> acesso em : 20 out 2007.

CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CEPIK, C. T. C.; DEBIASI, H. Desempenho produtivo do milho na presença e ausência de irrigação e diferentes doses de resíduos em área com tráfego controlado de máquinas e diferentes profundidades de atuação de sulcadores. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 51., 2006; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO, 34., 2006, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo : EMBRAPA Trigo, 2006. 1 CD-ROM.

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

CRUZ, J. C. Manejo de solos em sucessão de culturas . In: SEMINARIO SOBRE A CULTURA DO MILHO '"SAFRINHA", 5, Barretos, 1999. **Anais**. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. p. 39-49.

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

DEBIASI, H. **Recuperação física de um Argissolo compactado e suas implicações sobre o sistema solo-máquina-planta**. 263 f. 2008. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE O.; CEPIK, C. T. C. Recuperação de solos fisicamente degradados através de coberturas de

inverno. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 1 CD-ROM.

DELAFOSSE, R.M. **Máquinas sembradoras de grano gruesso.** Santiago: FAO, 1986. 48 p.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, V. **Controle de erosão no Paraná, Brasil:** sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit; [Curitiba]: Instituto Agronômico do Paraná, 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 Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research,** Amsterdam, v. 8, p. 253-263, 1986.

DIAS JUNIOR, M.S. **Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic**. Michigan: East Lansing State University, 1994. 114 f. Tese (Doutorado em Solos e Culturas) - East Lansing State University, Michigan, 1994.

DOUGLAS Jr., C.L.; ALLMARAS, R.R.; RASMUSSEN, P.E.; RAMIG, R.E. & ROAGER Jr., N.C. Wheat straw composition and placement effects on decomposition in dryland agriculture of the Pacific Northwest. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v .44, p.833-837, 1980.

EKWUE, E. I.; STONE, R. J. Organic matter effects on strength properties of compacted agricultural soils. **Transactions of the ASAE**, Saint. Joseph, v.38, n.2, p.357-367, 1995.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA / SNLCS, 1997. 247 f.

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

EMBRAPA/CNPT. **Vantagens do plantio direto são apresentadas na Expointer 2004**. 2005.. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/noticias/not0489.htm. Acesso em 02 ago. 2007.

ESS, D. R.; VAUGHAN, D. H.; PERUMPRAL, J. V. Crop residue and root effects on soil compaction. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 45, n. 5, p.1271-1275, 1998.

FABRIZZI, K. P.; GARCIA, F.O.; COSTA, J. L.; PICONE, L. I. Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southerm Pampas of Argentina. **Soil & Tillage Reseach**, Amsterdam, v. 81, n.1, p. 57-69, 2005.

FARIAS, A.D.; FERREIRA, T.N. Sistema de plantio direto no Rio Grande do Sul. **Informativo da EMATER/RS**. Porto Alegre, v.18, n.7, 2000.

FEBRAPDP. **Brasil** – Evolução da área cultivada em plantio direto de 1972/73 a 2005/06. Disponível em: <http://www. febrapdp.org.br/arquivos/BREvolucao PD72a06.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2008.

FENNER, P.T. **Relações entre tráfego, solo e desenvolvimento florestal na colheita da madeira**. Botucatu: Unesp, 1999. 135f.Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, SP.

FERNANDES, B.; GALLOWAY, H.M. Efeito das rodas do trator em propriedades físicas de dois solos. **Revista Ceres,** Viçosa-MG, v.34, n.196, p.562-568, 1987.

FERRERAS, L. A.; COSTA, J. L.; GARCIA, F. O.; PECORARI, C. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southerm "Pampa" of Argentina. **Soil & Tillage Reseach**, Amsterdam, v. 54, n.1, p. 31-39, 2000.

FLORENTÍN, M. A.; PEÑALVA, M.; CALEGARI, M.; DERPSCH, R. **Abonos verdes y rotación de cultivos en siembra directa**. Pequenãs propiedades. San Lorenzo, Paraguay: MAG – GTZ, 2001. 83 p.

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

FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; LEVIEN, R.; LOPES, A.; SILVA, R. P. Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão, em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 388-395, 2004.

GABRIEL FILHO, A.; SILVA, S. L.; MODOLO, A. J.; SILVEIRA, J. C. M. Desempenho de um trator operando em solo com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n. 3, p.781-789, 2004.

GASSEN, D. N.; GASSEN, F. R. **Plantio direto:** o caminho do futuro. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 p.

GEDIGA, K. Influence of subsoil compaction on the uptake of 45Ca from the soil profile and on maize yield. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 19, n. 2, p. 351- 355, 1991.

GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 477-484, 2004.

GERAGE, A. C.; BIANCO, R. A. A produção de milho safrinha. **Informe agropecuário**, Belo horizonte, v.14, n.164, p. 39-44, 1990.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I. C.; HÜBNER, A. P.; MARQUES, M. G.; CADORE, F. Consorciação de Plantas de cobertura antecedendo o

Milho em Plantio Direto. II - Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 751-762, 2004.

GIACOMINI, S.J. **Consorciação de plantas de cobertura no outono/inverno e fornecimento de nitrogênio ao milho em sistema plantio direto**. Santa Maria : UFSM, 2001. 124f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2001.

GILMOUR, J.T.; MAUROMOUSTAKOS, A.; GALE, P.M.; NORMAN, R.J. Kinetics of crop residue decomposition: variability among crops and years. **Soil Science Society of América Journal**, Madison, v. 62, p.750-755, 1998.

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

HAKANSSON, I.; MEDVEDEV, V.W. Protection of soils from mechanical overloading by establishing limits for stresses caused by heavy vehicles. **Soil & Tillage Research,** Amsterdam, v. 35, n. 1, p. 85-97, 1995.

HAKANSSON, I.; VOORHEES, W.B. Soil compaction. In: LAL, R.; BLUM, W. H.; VALENTINE, C.; STEWART, B. A. (Ed.). **Methods for assessment of soil degradation.** Boca Raton: CRC Press, 1998. p.167-179. (Advances in soil Science).

HERZOG, R. L. S. **Resposta da soja em semeadura direta após aveia preta implantada em campo nativo, influenciada por quantidade de resíduo, irrigação e profundidade de atuação do sulcador da semeadora adubadora**. 2003. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

HERZOG, R.L.S.; LEVIEN, R.; TREIN, C.R. Produtividade de soja semeadura direta influenciada por profundidade do sulcador de adubo e doses de resíduo em sistema irrigado e não irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola,** Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 771-780, 2004.

HERZOG, R.L.S.; LEVIEN, R.;BEUTLER, J.F..; TREIN, C.R. Patinagem das rodas do trator em função da profundidade do sulcador de adubo e doses de resíduos sobre o solo na semeadura direta de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. 1 CD-ROM.

HERZOG, R.L.S.; LEVIEN, R.;CEPIK, C.; TREIN, C.R. Volume de solo mobilizado e estabelecimento de plantas de soja em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. 1 CD-ROM.

HILBIG, V. S.; BRANDT, A. A.; ZINK, A. D.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; HORN, R. Palha sobre o solo dissipa a energia aplicada pelas máquinas agrícolas?. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, n. 31, 2007, Gramado . **Anais...** Gramado, 2007. CD-ROM.

HORN, R.; VAN DEN AKKER, J.J.H.; ARVIDSSON, J. (Ed.) **Subsoil compaction:** distribution, processes and consequences. Reiskirchen Germany: Catena Verlag, 2000. 462p. (Advances in Geo Ecology, 32)

HOUSE, G.J.; STINNER, R.E. Decomposition of plant residues in no-tillage agroecosystems: influence of litterbag mesh size and soil arthropods. **Pedobiologia,** North Carolina, v.30, p.351-360, 1987.

HUDSON, N. W. **Soil Conservation.** 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1981. p. 324.

HUNT, H.W. A simulation model for decomposition in grasslands. **Ecology**, Washington, v.58, p.469-484, 1977.

HUNTINGTON, T.G.; GROVE, J.H.; FRYE, W.W. Release and recovery of nitrogen from winter annual cover crops in no-till corn production. **Communications Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.16, p.193-211, 1985.

IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística . **Estatística da Produção Agrícola dezembro de 2007.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/> Acesso em: 10 Jan de 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **Produção agrícola municipal culturas temporárias e permanentes 2003.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/> Acesso em: 30 jun de 2006.

IMHOFF, S. **Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de Latossolos e Argissolos Vermelhos**. Piracicaba: ESALQ, 2002. 94 f. Tese (Doutorado - Solos e Nutrição de Plantas) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

IMHOFF, S.; DA SILVA, A. P.; FALLOW, D. Susceptibility to compaction, load support capacity, and soil compressibility of Hapludox. **Soil Science society of America Journal**, Madison, v. 68, n.1, p. 17-24, 2004.

JARECKI, M. K.; LAL, R.; JAMES, R. Crop management effects on soil carbon sequestration on selected farmers’ fields in ortheastern Ohio. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 81, n. 2, p. 265-276, 2005.

JORAJURÍA, D.; DRAGHI, L.; BOTTA, G. Persistencia de la compactación inducida por tráfico agrícola. **Avances Ingeniería Agrícola.** Buenos Aires: Ed. Facultad de Agronomia, 2000, p.104-109.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L.; SILVA, A. P. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 2, p. 45-54, 1998.

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, 1995.

KLEIN, V.A.; SIOTA, T.A.; ANESI, A.L.; BARBOSA, R. Efeito da velocidade na semeadura direta de soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p.75-82, 2002.

KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E.; BERTON, A.L. **Compactação e descompactação de solos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 20 p.

LAFLEN, J. M.; ANEMYIA, M.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. **Journal of Soil and Water conservation**, Ankeny, Iowa, v. 36, p. 341-343, 1981.

LAGUË, C.; AGNEW, J.; KHELIFI, M. Theoretical evaluation on the feasibility of controlled traffic farming (CTF) using wide-span implements carriers (WSIC) for Canadian agriculture. In: ANUAL MEETING OF THE CSAE/SCGR, 2003, Montréal, Canada. **Proceedings…** Montreal: CSAE/SCGR, 2003. Paper n.3, p.233.

LANÇAS, K.P; UPADHYAYA, S.K. **Pneus radiais para tratores:** guia para seleção correta da pressão de inflação. Botucatu: UNESP / FCA, 1997. 33 p. (Boletim Técnico, 1).

LEVIEN R.; BEUTLER J.F.; CEPIK C.T.C.; TREIN C. R. Força de tração em haste sulcadora do tipo facão, operando a duas profundidades em solo com e sem vegetação de campo nativo, na presença e ausência de disco de corte de palha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. **Anais**... São Pedro: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004. 1 CD-ROM.

LEVIEN, R. **Condições de cobertura e métodos de preparo do solo para implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.).** Botucatu: Unesp, 1999. 305 f. Tese (Doutorado - Energia na Agricultura) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 1999.

LEVIEN, R.; COGO, N. P.; ROCKENBACH, C. A. Erosão na cultura do milho em diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 14, n.1, p. 73-80, 1990.

LIMA, R. O. MANTOVANI, E. E.,; MIRANDA, G. V.; ADRIANO, R. C.; ANDRADE, J.J.; SOUZA, L. V.; GUIMARAES, L. J. M. Desempenho de híbridos experimentais de milho com alta e baixa adubação no cultivo de safrinha em Coimbra (MG). In SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 8., 2005, Assis. **Anais...** Assis, 2005. p.245-249.

LYON, D.J. Sunflower residue weight and ground cover loss during Summer fallow. **Journal of soil and water conservation**., Ankeny, Iowa, v. 53, p.71-73, 1998.

MACHADO, A. L. T. **Esforço de tração para ferramentas de hastes com ponteiras estreitas em dois solos do Rio Grande do Sul**. 2001. 176 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MACHADO, A.L.T.; REIS, A.V. DOS; MORAES, M.L.B. DE; ALONÇO A., S. DOS; **Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais.** Pelotas: UFPel, 1996. 229 p.

MALUF, J.R.T.; CUNHA, G.R. da; EVANGELISTA, B. A. et. al. Zoneamento: períodos de semeadura. Safra 2000/2001. In: INDICAÇÕES técnicas para a cultura de milho no Estado do Rio Grande do Sul**.** Porto Alegre: Fepagro : Emater : Fecoagro, 2001. 135p. (Boletim Técnico, 7).

MARONI, J.; FERNÁNDEZ ASENJO, C.; GARGICEVICH, A.; REPETTO, L.; GONZÁLEZ, C. Velocidad de emergencia del maíz: prestaciones de diferentes órganos para el contactado semilla-suelo durante la siembra. **Avances en ingeniería agrícola,** San Luis, v.20, p. 9-14, 2005.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. et al. Relações entre rendimento de milho e variáveis hídricas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, n.2, p.85-92, 1995.

MATZENAUER, R.; MACHADO, F.A. Disponibilidades hídricas para a cultura do milho em anos de El Niño, La Niña e neutros, nas regiões climáticas do Planalto e Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 46., 2001, Porto Alegre. **Anais...**, Porto Alegre: Fepagro :Emater, 2001.

MAZETTO, F. R.; LANÇAS K. P.; NAGAOKA, A.; CASTRO NETO, P.; GUERRA, S. P. S. Avaliação do contato pneu-solo em três modelos de pneus agrícolas **Engenharia Agrícola***,* Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 750-757, 2004.

MAZIERO, J. V. G.; MIALHE, L. G.; CORRÊA, I. M.; YANAI, K.; MENEZES, J. F. Efeito da patinagem da roda motriz de um trator agrícola na compactação do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, 1997.

MELLO, L. M. M.; TAKAHASHI, C.M.; YANO, E.H. Condicionamento físico do solo na linha de semeadura de milho em plantio direto: mecanismos sulcadores e rodas compactadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. 1 CD-ROM.

MIALHE, L.G. Ensaio e certificação de tratores. In: MÁQUINAS agrícolas: ensaio e certificação. Piracicaba: CNPq-PADCT: TIB-FEALQ, 1996. p.385-462.

MODOLO, A.J. **Demanda energética de uma semeadora-adubadora com diferentes unidades de semeadura**. Cascavel: UNIOESTE, 2003. 78 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2003.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

MOSADDEGHI, M.R.; HAJABBASI, M.A.; HEMMAT, A.; AFYUNI, M. Soil compactibility as affected by soil moisture content and farmyard manure in central Iran. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 55, n. 1-2, p. 87-97, 2000.

NAGAOKA, A. K.; NOMURA, R. H. C.; BRÖRING, N.; KITANO, N.; JASPER, S. P. Avaliação do consumo de combustível, patinagem e capacidade de campo operacional na operação de semeadura da cultura de aveia preta (*Avena strigosa*) em três sistemas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002a. 1 CD-ROM.

NAGAOKA, A. K.; SILVEIRA, R. A.; THALER NETO, A.; PEDEMONTE, F. C.; GUTBIER, N. Avaliação do custo de operação de semeadura da aveia preta para diferentes manejos do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002b. 1 CD-ROM.

NO-TILLAGE. Disponível em: http:<//rolf-derpsch.com/notil.htm> . Acesso em: 01 jan. 2008.

O'SULLIVAN, M.F.; HENSHALL, J.K.; DICKSON, J.W. A simplifid method for estimating soil compaction. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 49, n. 4, p. 325-335, 1999.

PINHEIRO NETO, R.; BORTOLOTTO, V.C.; BORTOLOTTO, M.C. Demanda energética de uma semeadora-adubadora pneumática submetida a três velocidades e diferentes coberturas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004. 1 CD-ROM.

PIRES, F. R.; SOUZA, C.M.; ESPOSTI, M.D.D. Influencia da profundidade de deposição do fertilizante de plantio no Estado nutricional do milho (Zea mays L.) em plantio direto. In: REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., Caxambu. **Anais...** Lavras, 1998. p. 136.

PORTELA, J. A.; FAGANELLO, A.; SATTLER, A. Máquinas e implementos para plantio direto. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo, 1993. p. 29-36.

POTT, A. **Levantamento ecológico da vegetação de um campo natural sob três condições:** pastejado, excluído e melhorado. 1974. 223f. Dissertação

(Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Plantas Forrageiras, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1974.

PRADO, R.M.; NATALE, W.; FURLANI, C.E.A. **Manejo mecanizado de atividades para implantação de culturas**. Jaboticabal, SP: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. 99p. (Engenharia Agrícola. Mecanização).

RADFORD, B.J.; YULE, D.F.; McGARRY, D.; PLAYFORD, C. Crop responses to applied soil compaction and to compaction repair treatments. **Soil & Tillage Research,** Amsterdam, v. 61, n.3, p. 157-166, 2001.

RANELLS, N.N.; WAGGER, M.G. Nitrogen-15 recovery and release by rye and crimson clover cover crops. **Agronomy Journal,** Madison, v. 61, n.3, p.943 - 948, 1997.

RAPER, R. L.; KIRBY, J.M. Soil compaction: How to do it, Undo it, or Avoid doing it. In: AGRICULTURAL EQUIPMENT TECHONOLOGY CONFERENCE, 2006, Louisville, Kentucky. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. p.1-14. (ASABE Distinguished Lecture Series, 30).

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera:** conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole, 2004. 478 p.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J.A. Manejo, qualidade do solo e sustentabilidade: condições físicas do solo agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...**Ribeirão Preto, 2003. 1 CD-ROM.

REIS, A.V. Erros na semeadura. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n.2, p.12-13, 2001.

REIS, E. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, H. C.; NAIME, J. M.; ARAÚJO, E. F. Densidade do solo no ambiente solo-semente e velocidade de emergência em sistema de semeadura de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 777-785, 2006.

REUNIAO TECNICA ANUAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO DO RS (50 e 33: 2006: Passo Fundo). **Indicações técnicas para cultivo de milho e sorgo no Rio Grande do Sul 2006/2007**. Passo Fundo: FEPAGRO :Emater-RS/ASCAR, 2006. 184p.

RHOTON, F. E. Influence of time on soil response to no-till practices. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 64, n. 2, p. 700-709, 2000.

ROSECRANCE, R.C.; McCARTY, G.W; SHELTON, D.R.; TEASDALE, J.R. Denitrification and N mineralization from hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) and rye (*Secale cereale* L.) cover crop monocultures and bicultures. **Plant and Soil**, Netherlands, v.227, n.1-2, p.283-290, 2000.

ROSOLEM, C. A.; VALE L. S. R.; GRASSE, H. F.; MORAES, M. H. de. Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 18, n.1, p. 491-497, 1994b.

SÁNCHEZ-GIRÓN, V. **Dinámica y mecânica de suelos.** Madrid: Ediciones Agrotécnicas, 1996. 426 p.

SÁNCHEZ-GIRÓN, V.; RAMÍREZ, J. J.; LITAGO, J. J.; HERNANZ, J. L. Effect of soil compaction and water content on the resulting forces acting on three seed drill furrow openers. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 81, n. 1, p. 25-37, 2005.

SCHÄFER-LANDEFELD, L.; BRANDHUBER,R.; FENNER, S.; KOCH, H.-J.; STOCKFISCH, N. Effects of agricultural machinery with high axle load on soil properties of normaly managed fields. **Soil and Tillage Reseach**, Amsterdam, v. 75, n.1, p. 75-86, 2004.

SCHÄFFER, B.; ATTINGER, W.; SCHULIN, R. Compaction of restored soil by heavy agricultural machinery—Soil physical and mechanical aspects. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 93, n. 1, p. 28-43, 2007.

SILVA, A. R.; DIAS JUNIOR, M. S.; LEITE, F. P. Camada de resíduos florestais e pressão de preconsolidação de dois Latossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 89-93, 2007.

SILVA, J. G.; SILVEIRA, P. M. **Avaliação de uma semeadora adubadora na cultura do milho**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa arroz feijao, 2002. 19p. (EMBRAPA Arroz e Feijão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2).

SILVA, M.L.L.; SVERZUT, C.B. Variação da porosidade total, macro e micro porosidade em função da densidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004. 1 CD-ROM.

SILVA, P. R. A. **Mecanismos sulcadores de semeadora-adubadora na cultura do milho (*Zea mays* L.) no sistema de plantio direto**. Botucatu: Unesp, 2003. 84 f. Dissertação (Mestrado – Energia na Agricultura) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2003a.

SILVA, P.R.A.; BENEZ, S.H.; MAHL, D. ; GERMINO,R. Avaliação da potência e área mobilizada de hastes sulcadoras em semeadoras-adubadoras diretas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33, 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004a. 1 CD-ROM.

SILVA, P.R.F. Crescimento e desenvolvimento. In: INDICAÇÕES Técnicas para a cultura de milho no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Fepagro: Embrapa Trigo: Emater: Fecoagro, 2001. 135p.

SILVA, R.B.; DIAS JUNIOR, M.S.; SILVA, F.A.M.; FOLE, S.M. Influência do tráfego de máquinas agrícolas e as propriedades físicas, hídricas e mecânicas de um Latossolo dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v, 27, n. 6, p.973-983, 2003.

SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Crescimento radicular de soja em razão da sucessão de cultivos e da compactação do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n. 6, p. 855-860, 2002.

SILVA, R.P.; CORTEZ, J.W.; CARVALHO FILHO, A.; FURLANI, C.E.A., LOPES, A.; FONTANA, G. Interação entre profundidade de semeadura e cargas verticais sobre a roda compactadora na cultura da crotalária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33, 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004b. 1 CD-ROM.

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

SILVA, V. R.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Susceptibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo***,* Viçosa, v.24, n.2, p.239-249, 2000.

SILVA, V.R. et al. Fatores controladores da compressibilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico e de um Latossolo Vermelho distrófico típico. I – Estado inicial de compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n.1, p. 1-8, 2002.

SMITH, J.H.; DOUGLAS, C.L. Influence of residue nitrogen on wheat straw decomposition in the field. **Soil Science**, Amsterdam, v.106, p.456- 459, 1968.

SMITH, J.H.; DOUGLAS, C.L. Wheat straw decomposition in the field. **Soil Science. Society,** Amsterdam, v.35, p.269-272, 1971.

SOANE, B. D. The role of organic matter in soil compactibility: a review of some practical aspects. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 16, n. 1-2, p. 179-201, 1990.

STOLZY, L.H. Soil atmosphere. In: CARSON, E.W.(Ed.) The plant root and its enviroment. Charlotlesville : University Press of Virginia, 1974. p.335-361.

STONE, R. J.; EKWUE, E. I. Compressiblity of some Trinidadian soils as affected by the incorporation of peat. **Journal of Agricultural Engennering Research**, New York, v. 60, n. 1, p. 15-24, 1995.

STOTT, D.E.; STROO, H.F.; ELLIOTT, L.F.; PAPENDICK, R.I. ; UNGER, P.W. Wheat residue loss from fields under notill management. **Soil Science Society,** Amsterdam, v.54, n.10, p.92-98, 1990.

STROO, H.F.; BRISTOW, K.L.; ELIOT, L.F.; PAPENDICK, R.I.; CAMPBELL, G.S. Predicting rates of wheat residue decomposition. **Soil Science Society,** Amsterdam, v. 53, n. 1, p.91-99, 1989.

STUTE, J.K.; POSNER, J.L. Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the upper Midwest. **Agronomy Journal**, Madison v.87, n.6, p.1063-1069, 1995.

SWEENEY, D. W.; KIRKHAM, M.B.; SISSON, J. B. Crop and soil response to wheel-trach compaction of a claypan soil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n.3, p. 637-643, 2006.

TAKAHASHI, C.M.; MELLO, L. M.M.; YANO, E. H. Distribuição longitudinal de sementes de milho (Zea mays L.) em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 30, Foz do Iguaçu, 2001. **Resumos expandidos**. Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. CD Rom.

TARAWALLY, M. A.; MEDINA, H.; FRÓMETA, M.E.; ITZA, C. A. Field compaction at different soil-water status: effects on pore size distribution and soil water characteristics of a Rhodic Ferralsol in Western Cuba. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 76, n. 2, p. 95-103, 2004.

TAYLOR, H.M.; GARDNER, H.R. Penetration of cotton seeding tap roots as influenced by bulk density, moisture content and strength of soil. **Soil Science,** Baltimore, v. 96, n.1, p. 153-156, 1963.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G; SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 22, n. 22, p. 301-309, 1998.

TREIN, C. R. ; LEVIEN, R. ; SOUZA, L. F. C. de . Tráfego Controlado: Pneus e compactação. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 41, n.3, p. 22 - 25, 28, 2005.

TREIN, C.R. **The mechanics of soil compaction under wheels.** Silsoe: Cranfield University, 1995. 132 f. Tese (Doutorado) - Cranfield University, Silsoe, 1995.

TSUNECHIRO, A et al. **Custo e rentabilidade da produção de milho safrinha em dois níveis tecnologia.** São Paulo, v. 2, n.5, p.1-5 maio 2007. Disponível em <<httpp: //www.iea.sp.gv.br>> Acesso em: 05 nov. 2007.

TSUNECHIRO, A. Causas e efeitos do aumento da área de milho "safrinha". **Informações Econômicas**, São Paulo, n.28, v.3, p.74-75, mar. 1998.

TSUNECHIRO, A.; OLIVEIRA, M, D. M.; FURLANETO, F. de P. B.; DUARTE, A. P. Análise técnica e econômica de sistemas de produção de milho safrinha, região do Médio Paranapanema, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 9, p. 62-70, 2007.

TSUNECHIRO, A.; FERREIRA, C.R.R.P.T.; BARBOSA, M.Z. Efeito da produção de milho "safrinha" sobre a mudança no padrão de variação sazonal dos preços de milho no Estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 5., Barretos, 1999. **Anais...** Campinas: IAC, 1999. p.133-140.

TSUNECHIRO, A.; GODOY, R.C.B. Histórico e perspectivas do milho safrinha no Brasil. In: SHIOGA, P.S.; BARROS, A. S. (Coords.). **A cultura do milho safrinha**. Londrina: IAPAR, 2001. p.1-10.

TSUNECHIRO, A.; OKAWA, H. Perspectivas da safrinha de milho em 1996. **Informações Econômicas**, Piracicaba, v. 26, n. 3, p. 87-89, 1996.

TULLBERG, J. N. Wheel traffic effects on tillage draught. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Silsoe, v. 75, n. 4, p. 375-382, 2000.

UNGER, P. W. Soil bulk density, penetra resistance, and hydraulic conductivity under controlled traffic conditions. **Soil & Tillage Research,** Amsterdam, v. 37, p. 67-75, 1996.

WIEDER, R.K.; LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecological Society of America**, Washington, v. 63, n.6, p.1636-1642, 1982.

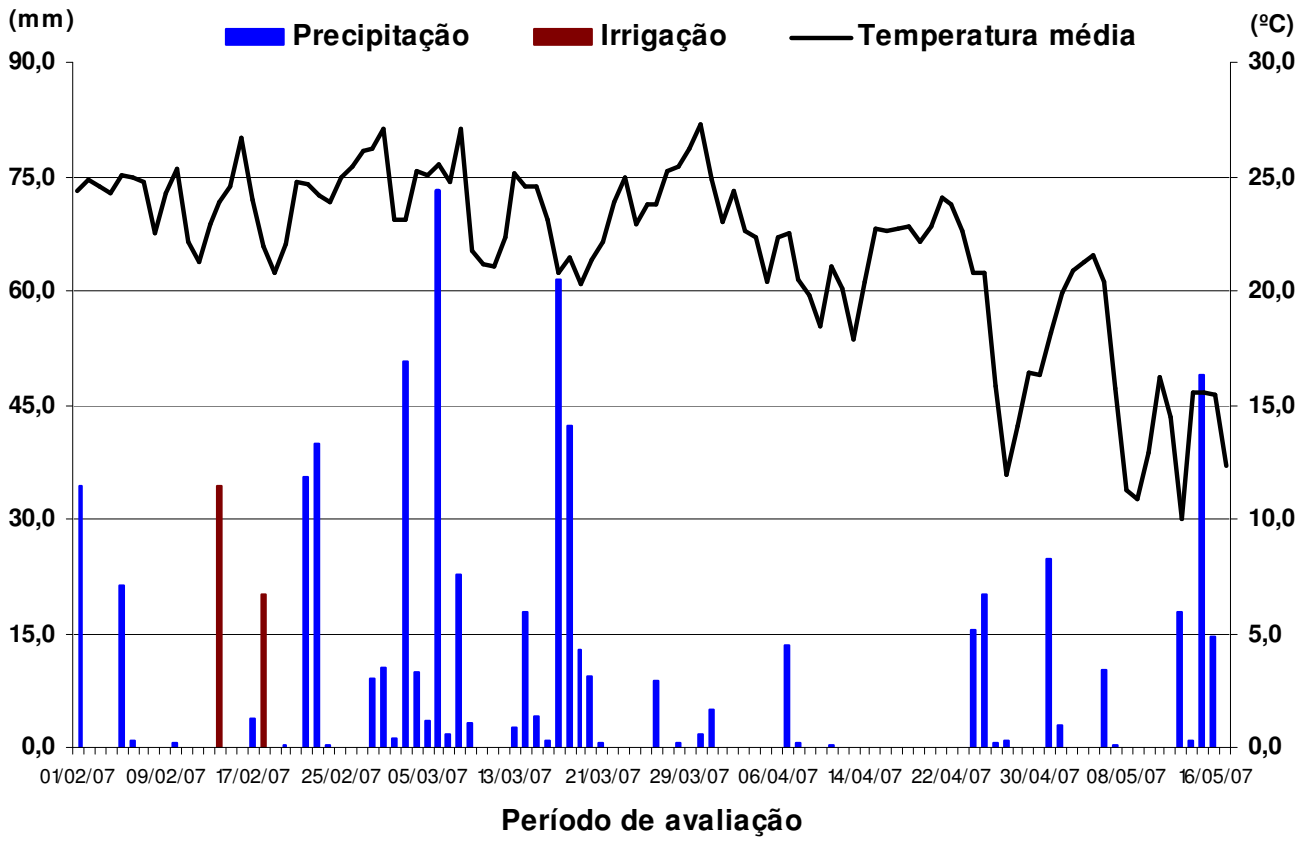
XAVIER, A. **Comportamento da cultura da soja em função de resíduos culturais, mobilização do solo e irrigação, em semeadura direta.** 2005. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre, 2005.

ZHANG, H.; HARTGE, K. H.; RINGE, H. Effectiveness of organic matter incorporation in reducing soil compactibility. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 61, n. 1, p. 239-245, 1997.

7. APÊNDICES

Apêndice 1. Precipitações volumétricas, irrigação suplementar, temperaturas médias no agrícola de 2006/2007.

Fonte: Departamento de Plantas e Forrageiras e Agrometeorologia/UFRGS



Apêndice 2. Valores médios de patinagem das rodas tratórias do trator (m m^{-1}) na operação de semeadura do milho safrinha, nos tratamentos avaliados.

Doses de resíduos (Mg ha^{-1})	**Profundidade efetiva do sulcador**		**Média[1]**
	0,06 m	**0,12 m**	
0	0,092	0,147	0,120 c
2	0,096	0,161	0,129 bc
3	0,129	0,160	0,144 ab
4	0,124	0,166	0,145 ab
5	0,129	0,175	0,152 a
6	0,124	0,181	0,152 a
Média [1]	**0,116 A**	**0,165 B**	**0,120**

CV Resíduos: 12,10%, CV Profundidades: 16,51%.

[1] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%)

Apêndice 3. Valores médios de velocidade de operação (km h^{-1}) de semeadura do milho safrinha nos tratamentos avaliados.

Doses de resíduos (Mg ha^{-1})	**Profundidade efetiva do sulcador**		**Média[1]**
	0,06 m	**0,12 m**	
0	3,3	2,6	3,0
2	3,6	2,7	3,2
4	4,0	2,8	3,4
5	3,2	2,8	3,0
6	3,7	2,7	3,2
8	3,7	3,0	3,3
Média [1]	**3,6 A**	**2,8 B**	**3,2**

CV Resíduos: 13,96%, CV Profundidades: 17,48%.

[1] Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e ausência de letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05%).

BLOCO IRRIGADO

T						
C	4 t	0 t	6 t	5 t	2 t	8 t
T						
T						
C	4 t	0 t	6 t	5 t	2 t	8 t
T						

T						
C	2 t	5 t	0 t	4 t	6 t	8t
T						
T						
C	2 t	5 t	0 t	4 t	6 t	8 t
T						

T						
C	4 t	0 t	6 t	5 t	2 t	8 t
T						
T						
C	4 t	0 t	6 t	5 t	2 t	8 t
T						

BLOCO SEM IRRIGAÇÃO

T						
C	8 t	6 t	0 t	5 t	4 t	2 t
T						
T						
C	8 t	6 t	0 t	5 t	4 t	2 t
T						

T						
C	5 t	2 t	6 t	4 t	8 t	0 t
T						
T						
C	5 t	2 t	6 t	4 t	8 t	0 t
T						

T						
C	5 t	8 t	4 t	6 t	2 t	0 t
T						
T						
C	5 t	8 t	4 t	6 t	2 t	0 t
T						

Blocos: 5x42 m (210 m^2 ou 0,021 ha)= 6
Parcelas: 5 x 7 m (35 m^2 ou 0,0035 ha) = 72
Larg bordadura entre parcelas: 3x42 (126 m^2)
Larg bordadura entre a cerca e parcela 1 e 7m
Área total com borda interna: 0,32 ha.

Doses de palha
0 t
2 t
4 t
5 t
6 t
8 t

6 cm
12 cm

T= tráfego do rodado do trator
C= tráfego do rodado da colhedora

cerca

Galpão

Apêndice 4. Croqui da área experimental. Município de Eldorado do Sul - RS

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo