

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

PARÂMETROS MECÂNICOS DE TRAÇÃO EM
SISTEMAS DE CULTIVO DE MELANCIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Michele da Silva Santos

Santa Maria, RS, Brasil

2010

**PARÂMETROS MECÂNICOS DE TRAÇÃO EM
SISTEMAS DE CULTIVO DE MELANCIA**

por

Michele da Silva Santos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola, Linha de Pesquisa Solo-Máquina-Planta da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola.**

Orientador: Flávio Luiz Foletto Eltz

Santa Maria, RS, Brasil

2010

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**PARÂMETROS MECÂNICOS DE TRACÇÃO EM
SISTEMAS DE CULTIVO DE MELANCIA**

elaborada por

Michele da Silva Santos

como requisito parcial para obtenção do grau de

Mestre em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA

Flávio Luiz Foletto Eltz

Engenheiro Agrônomo, PhD. (UFSM) (Presidente/Orientador)

Airton dos Santos Alonço

Engenheiro Agrícola, Dr. (UFSM)

Ivandro de França da Silva

Engenheiro Agrônomo, Dr. (UFPB)

Santa Maria, Março de 2010.

A meus pais e irmã, por sempre apoiarem as minhas decisões.

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pela vida, saúde, determinação, superação e fé.

A **Universidade Federal de Santa Maria**, por oferecer todas as condições para minha qualificação profissional.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de estudo e ao CNPq pelo financiamento do projeto.

Ao Departamento de Engenharia Rural da UFSM, destacando a amizade dos colegas Professores, Funcionários e Alunos.

Ao **Professor Dr. Flávio Luiz Foletto Eltz**, pela oportunidade, por sua orientação, confiança e incentivo.

A **Marta Rocha** pela parceria, amizade, pelo convívio em plena harmonia durante todo o tempo em que estivemos juntas, pela contribuição e espírito de grupo demonstrado durante o tempo em que convivemos e apoio que me fez crescer profissionalmente.

A **Bruno Segala** pelo carinho, compreensão, apoio e por estar sempre ao meu lado, incentivando-me e torcendo por mim.

Ao **Professor Monte Alverne, Dona Vânia e Marcela** que durante todo esse tempo foram minha família em Santa Maria, agradeço pelo convívio, amizade, apoio e incentivo.

A **Dona Márcia, Pipi, Cláudio, Bruno Rocha** e ao aluno de graduação em Agronomia **Pedro Vante da Rocha**, pelo inestimável auxílio durante os trabalhos.

Aos colegas **Eder Dornelles, Alexandre Russini, Dirceu e ao Professor Dr. José Fernando Schlosser** do Setor de Mecanização Rural, do Núcleo de Ensaios de Máquinas Agrícolas (NEMA), pelo empréstimo dos equipamentos e ajuda viabilizando a realização deste trabalho.

Aos colegas do laboratório de manejo e conservação do solo, pela convivência e amizade.

Aos professores **Airton dos Santos Alonço e Ivandro de França da Silva**, por aceitarem o convite para participarem da banca.

A todos meus amigos, que me apoiaram, e as pessoas que, de uma ou outra forma, contribuíram com este trabalho.

A Autora

“A degradação dos recursos da terra pode ser atribuída à ignorância, incerteza ou a falta de alternativa mas, essencialmente, é fruto de usar a terra no presente sem o olhar voltado para o futuro”.

FAO (1996)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

PARÂMETROS MECÂNICOS DE TRAÇÃO EM SISTEMAS DE CULTIVO DE MELANCIA

AUTORA: Michele da Silva Santos
ORIENTADOR: Flávio Luiz Foletto Eltz
Santa Maria, 29 de março de 2010.

No Rio Grande do Sul, a melancia é cultivada em uma grande área de solos arenosos, onde o preparo convencional do solo é o mais utilizado, favorecendo a erosão hídrica. Isto leva as áreas sob cultivo desta hortaliça a processos erosivos intensos, onde em alguns casos ao final do cultivo, as áreas tornam-se impróprias para cultivos posteriores. Com o objetivo de avaliar o comportamento da cultura da melancia sob o ponto de vista de produção em diferentes sistemas de preparo do solo, em solo arenoso, analisando os fatores operacionais do conjunto trator-implemento por meio de um sistema eletrônico de medições, foi conduzido em condições de campo, um experimento na Fazenda São Roque, município de Dilermando de Aguiar, na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul. O solo é um Argissolo Vermelho distrófico arênico, com parcelas de 6x8 m. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com quatro repetições e sete tratamentos, em esquema fatorial 7x4. Os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey com probabilidade de 5% de erro. Os tratamentos aplicados foram: Preparo convencional do solo (PC), com uma aração e duas gradagens, Plantio direto (PD), Plantio direto escarificado com uma haste de escarificação (PDE1H), Plantio direto escarificado com duas hastes de escarificação (PDE2H), Plantio direto escarificado com três hastes de escarificação (PDE3H), Plantio direto escarificado com quatro hastes de escarificação (PDE4H) e Plantio direto escarificado com cinco hastes de escarificação (PDE5H).

As análises dos resultados indicaram que, de modo geral, as variáveis força de tração, potência exigida na barra de tração, patinamento dos rodados e o consumo de combustível aumentaram em virtude da adição do número de hastes de escarificação na operação de preparo do solo. O preparo convencional do solo foi superior em exigência de consumo de combustível, apresentando 207,5 e 151,7% a mais de consumo em relação aos tratamentos PDE1H e PDE5H, respectivamente. A área mobilizada de solo pelo sistema de preparo convencional foi 349,6% a mais em relação ao tratamento PDE1H. O preparo convencional do solo pode ser substituído pelo cultivo mínimo com escarificação, ou até mesmo pelo plantio direto, para o preparo do solo da cultura da melancia, indicando uma boa produtividade, com menor gasto de combustível, menor revolvimento e maior conservação do solo, sendo um caminho para sustentabilidade do cultivo dessa cultura.

Palavras-chave: engenharia agrícola, máquinas agrícolas, relação máquina-solo-planta, aquisição de dados, preparo do solo, escarificação.

ABSTRACT

Master Dissertation
Graduate Program in Agricultural Engineering
Federal University of Santa Maria

MECHANICAL PARAMETERS OF TRACTION IN WATERMELON CROP SYSTEMS

AUTHOR: Michele da Silva Santos
ADVISOR: Flávio Luiz Foletto Eltz
Santa Maria, March, 29th, 2010.

In Rio Grande do Sul, Brazil, the watermelon is cultivated in a large area of sandy soils, where the conventional tillage is the most commonly used, favoring the water erosion. This leads the areas under cultivation of this vegetable to intense erosive processes, which in some cases at the end of cultivation, the areas become unfit for further cultivation. In order to evaluate the performance of the watermelon crop from the point of view of production in different systems of soil tillage, in sandy soil, analyzing the operating factors of the tractor-implement set by means of an electronic system of measurement, was conducted under field conditions, an experiment at São Roque Farm, Dilermando de Aguiar County, localized at the Central Depression region of Rio Grande do Sul. The soil was a typic Hapludalf, with plots of 6 x 8m. The experimental design was randomized block with four replications and seven treatments in a factorial 7 x 4. The obtained data were tabulated and submitted to ANOVA and Tukey test with a 5% of probability error, and used the computer application MSSA-AGRI to the procedure of statistical analysis. The applied treatments were: conventional tillage (PC), with one plowing and two harrowing; no- tillage (PD); tillage with a chisel plow with one shank (PDE1H); tillage with a chisel plow with two shanks (PDE2H); tillage with a chisel plow with three shanks (PDE3H); tillage with a chisel plow with four shanks (PDE4H) and tillage with a chisel plow with five shanks (PDE5H).

The analysis of the results indicated that, generally, the variables such as traction power, required strength by the draw bar, slip the run and fuel consumption increased due to the addition of the number of shanks on soil tillage. The conventional tillage was higher in fuel consumption, showing 207.5 and 151.7% higher consumption in relation to the PDE1H and PDE5H treatments, respectively. The area of mobilized soil by conventional preparation was 349.6% higher than the PDE1H treatment. The conventional preparation can be replaced by minimum tillage with scarification, or even by the no-tillage, for the soil tillage to the watermelon crop, indicating a good yield, with lower fuel usage, less soil revolving and more soil conservation, being a path to sustainability of this crop cultivation.

Keywords: agricultural engineering, agricultural machinery, soil-plant-machine relationship, data acquisition, soil tillage, chiseling.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Vista geral da área	27
FIGURA 2	Aspecto da cultivar Crinsom Select Plus	28
FIGURA 3	Cultura da aveia preta no início de desenvolvimento	29
FIGURA 4	Aveia preta rolada na área experimental	29
FIGURA 5	Trator teste utilizado, mostrando a montagem da instrumentação eletrônica (Russini, 2009)	30
FIGURA 6	Trator de apoio onde eram acoplados os implementos	31
FIGURA 7	Semeadora-adubadora	32
FIGURA 8	Arado de discos	32
FIGURA 9	Grade agrícola	33
FIGURA 10	Escarificador de cinco hastes	33
FIGURA 11	Croqui da área experimental, com distância em metros	35
FIGURA 12	Disposição dos equipamentos eletrônicos no trator (Russini, 2009)	37
FIGURA 13	Datalogger utilizado no trator teste	38
FIGURA 14	Sensor e engrenagem na roda do trator teste	39
FIGURA 15	GPS instalado no trator teste	40
FIGURA 16	Barra de tração retrátil com a célula de carga	41
FIGURA 17	Fluxômetro para medida do consumo de combustível do trator teste	41
FIGURA 18	Força de tração e consumo de combustível em plantio direto escarificado	46
FIGURA 19	Potência na barra de tração e consumo de combustível no plantio	48

	direto escarificado	
FIGURA 20	Patinamento dos rodados e consumo de combustível no plantio direto escarificado	49
FIGURA 21	Velocidade de deslocamento e consumo de combustível no plantio direto escarificado	51

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Força de tração, potência demandada na barra de tração, patinamento dos rodados, velocidade de deslocamento e consumo de combustível em função do número de hastes de escarificação no preparo do solo para implantação da cultura da melancia, Santa Maria, RS, 2010.	44
TABELA 2	Força de tração, potência demandada na barra de tração, patinamento dos rodados e velocidade de deslocamento para as operações de preparo convencional do solo (uma aração + duas gradagem), para implantação da cultura da melancia, Santa Maria, RS, 2010.	52
TABELA 3	Consumo de combustível para os tratamentos em função do número de hastes de escarificação e preparo convencional do solo, Santa Maria, RS, 2010.	54
TABELA 4	Volume de solo mobilizado para os tratamentos em função do número de hastes de escarificação e preparo convencional do solo, Santa Maria, RS, 2010.	56
TABELA 5	Capacidade de campo efetiva para os tratamentos em função do número de hastes de escarificação e para os implementos arados de discos e grade agrícola, Santa Maria, RS, 2010.	58
TABELA 6	Força de tração, potência demandada na barra de tração, patinamento dos rodados, velocidade de deslocamento e consumo de combustível em função do tipo de sistema de preparo do solo onde foi tracionada a semeadora, Santa Maria, RS, 2010.	60

TABELA 7 Produtividade de melancia para os tratamentos em função do número de 63
hastes de escarificação, preparo convencional do solo e plantio direto,
Santa Maria, RS, 2010.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	HIPÓTESE	3
3.	OBJETIVO GERAL	3
3.1.	Objetivos específicos	3
4.	REVISÃO DE LITERATURA	4
4.1.	Cultura da melancia	4
4.2.	Sistemas de preparo do solo	5
4.2.1.	Sistema convencional de preparo do solo	6
4.2.1.1.	Arados	8
4.2.1.2.	Grades	10
4.2.2.	Sistemas conservacionistas de preparo do solo	11
4.2.2.1.	Cultivo mínimo	12
4.2.2.2.	Plantio direto	14
4.3.	Instrumentação agrícola para medida de desempenho de tratores	17
4.3.1.	Consumo de combustível	19
4.3.2.	Força na barra de tração	20
4.3.3.	Potência demandada na barra de tração	22
4.3.4.	Patinagem dos rodados	23
4.4.	Mobilização do solo	25
4.5	Produtividade	25
5.	MATERIAL E MÉTODOS	27
5.1	Área experimental	27
5.2.	Solo	27
5.3.	Cultura avaliada	28
5.4.	Cultura de cobertura	28
5.5.	Tratores	30
5.5.1.	Trator utilizado com a instrumentação eletrônica	30
5.5.2.	Trator de apoio	31
5.6.	Semeadora-adubadora	31
5.7.	Implementos	32
5.8.	Tratamentos	34
5.9.	Delineamento experimental	36
5.10.	Instrumentação do trator teste	36
5.11.	Aquisição de dados	37
5.11.1.	Datalogger	37
5.12.	Determinações	38

5.12.1.	Sensores para medida da rotação das rodas motrizes	38
5.12.2.	Medida da velocidade do trator	39
5.12.3.	Medida do patinamento das rodas motrizes	40
5.12.4.	Determinação da força de tração	40
5.12.5.	Determinação do consumo de combustível	41
5.12.6.	Determinação da potência na barra de tração	42
5.12.7.	Perfil do solo mobilizado	42
5.12.8.	Capacidade de campo efetiva	43
5.13.	Produtividade	43
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
6.1.	Fatores operacionais do trator tracionando escarificador	44
6.1.1.	Força de tração	45
6.1.2.	Potência demandada na barra de tração	46
6.1.3.	Patinamento dos rodados	48
6.1.4.	Velocidade de deslocamento	50
6.5.	Consumo de combustível	51
6.2.	Fatores operacionais do trator tracionando um arado de discos e uma grade agrícola	52
6.2.1.	Força de tração	52
6.2.2.	Potência demandada na barra de tração	53
6.2.3.	Patinamento dos rodados	53
6.2.4.	Velocidade de deslocamento	53
6.2.5.	Consumo de combustível	54
6.3.	Consumo de combustível	54
6.4.	Volume de solo mobilizado	55
6.5.	Capacidade de campo efetiva	58
6.6.	Fatores operacionais do trator tracionando semeadora	59
6.6.1.	Força de tração	59
6.6.2.	Potência demandada na barra de tração	60
6.6.3.	Patinamento dos rodados	61
6.6.4.	Velocidade de deslocamento	62
6.6.5.	Consumo de combustível	62
6.7.	Produtividade	63
7.	CONCLUSÕES	65
8.	REFERÊNCIAS	66

Observação:

A identificação das marcas comerciais e dos modelos das máquinas, implementos e cultivar não caracteriza endosso do autor ou das instituições envolvidas neste trabalho, sendo meramente descritivo.

1. INTRODUÇÃO

A erosão dos solos é um grave problema ambiental, constituindo-se em uma das questões determinantes para inviabilizar grande parte das terras cultiváveis. No entanto, este é um processo natural que pode ser acelerado pela intervenção do homem, interferindo decisivamente na sua intensidade, ao adotar sistemas de manejo inadequados e expondo o solo à ação das chuvas erosivas.

A operação agrícola de preparo do solo é executada a milhares de anos, assumindo grande importância e interferindo diretamente nas características físicas do solo, promovendo sua desagregação e facilitando a erosão. Nos últimos anos, a redução do número de operações de preparo do solo tem sido uma preocupação dos agricultores com o objetivo de controlar os processos erosivos, mantendo o solo coberto por um período maior, economizando tempo, trabalho e combustível.

Os chamados sistemas conservacionistas (plantio direto e preparo reduzido) compreendem a utilização de equipamentos que interferem o menos possível na cobertura do solo, e visam manter um percentual de cobertura morta após o plantio.

A técnica do plantio direto surgiu como alternativa para evitar os efeitos indesejáveis do preparo convencional do solo, como também na redução do consumo de energia proporcionada pelas inúmeras operações de campo. Já a escarificação é classificada como um preparo conservacionista, por revolver pouco o solo, deixando o máximo de resíduos na superfície. Após o preparo do solo com este implemento, a rugosidade e a permeabilidade do solo aumentam, reduzindo os riscos de erosão.

A melancia tem grande importância sócio-econômica devido ao fato de ser cultivada principalmente por pequenos agricultores. É de fácil manejo e apresenta menor custo de produção quando comparada com outras hortaliças, constituindo-se em importante cultura para o Brasil pela demanda intensiva de mão-de-obra rural, pois do ponto de vista social, gera renda e empregos, e ajuda a manter o homem no campo, além de ter um bom retorno econômico para o produtor.

Embora possa ser produzida em vários tipos de solos, a melancia desenvolve-se melhor em solos de textura média, profundos, com boa drenagem interna e boa

disponibilidade de nutrientes, devendo-se evitar solos mais argilosos e sujeitos a encharcamentos.

No Rio Grande do Sul, a melancia é cultivada em uma grande área de solos arenosos, onde o preparo do solo mais utilizado ainda é o convencional com aração e gradagens. O preparo convencional favorece a erosão, deixando o solo exposto à ação dos processos erosivos, tendo em vista que a cultura da melancia não forma um dossel vegetativo capaz de cobrir inteiramente o solo. Isto leva as áreas sob cultivo desta hortaliça a processos erosivos intensos, onde em alguns casos ao final do cultivo, as áreas tornam-se impróprias para cultivos posteriores, sendo necessário assim, a utilização de uma nova área ainda não degradada para o cultivo desta cultura. Atualmente, como a maioria das áreas no estado são arrendadas para a introdução desta cultura, o produtor perde o investimento feito na correção e adubação do solo.

O interesse em aumentar a produtividade e reduzir os custos de produção, bem como, a preocupação com a qualidade e a preservação do meio ambiente aumentam a necessidade do estudo de métodos de preparo do solo alternativos para a implantação da cultura da melancia. Ressalta-se, também, que uma mudança no método ou no equipamento para preparo do solo afeta, significativamente, os fatores operacionais. Desta forma, o conhecimento dos custos do trabalho realizado pelos implementos e máquinas agrícolas é de suma importância para o produtor, que podem, além de comparar preços dos vários tipos de operações de preparo do solo, estimar os custos de produção.

2. HIPÓTESE:

A cultura da melancia pode ter produção satisfatória quando cultivada em sistemas de preparo do solo diferente do preparo convencional, reduzindo a degradação do solo e o custo de produção e aumentando a produtividade.

3. OBJETIVO GERAL:

Avaliar o comportamento da cultura da melancia sob diferentes sistemas de preparo do solo, em solo arenoso, na Depressão Central do RS, durante o ano agrícola 2008/2009.

3.1. Objetivos específicos:

Comparar a produtividade da cultura nos diferentes sistemas de preparo do solo (preparo convencional do solo, plantio direto e plantio direto escarificado com uma, duas, três, quatro e cinco hastes de escarificação);

Indicar a força de tração, potência demandada na barra de tração, patinamento dos rodados, velocidade de deslocamento, consumo de combustível, área de solo mobilizada e capacidade de campo efetiva durante as operações mecanizadas para cada um dos tratamentos por meio de um sistema eletrônico de medições;

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Cultura da melancia

Segundo Queiroz (2008), a melancia (*Citrullus lanatus*) pertence à família Cucurbitaceae, da qual também fazem parte outras espécies como melão, abóbora, pepino e outras de menor valor comercial. É originária das regiões secas da África tropical, tendo um centro de diversificação secundário no Sul da Ásia. A melancia cultivada (*C. lanatus* var. *lanatus*) deriva provavelmente da variedade *C. lanatus* var. *citroides* existente na África Central. A domesticação ocorreu na África Central onde a melancia é cultivada há mais de 5000 anos (ALMEIDA, 2008).

É uma planta herbácea de ciclo vegetativo anual. O sistema radicular é extenso, mas superficial, com um predomínio de raízes nos primeiros 60 cm do solo. Os caules rastejantes são angulosos, estriados, pubescentes, com gavinhas ramificadas. As folhas são profundamente lobadas. A espécie é monóica. As flores são solitárias, pequenas, de corola amarela. Permanecem abertas durante menos de um dia e são polinizadas por insetos. O fruto é um pepônio cujo peso varia entre 1 e 3 Kg até mais de 25 Kg. A forma pode ser redonda, oblonga ou alongada, podendo atingir 60 cm de comprimento. A casca é espessa (1-4 cm). A polpa é normalmente vermelha, podendo ser amarela, laranja, branca ou verde. As sementes encontram-se incluídas no tecido da placenta que constitui a parte comestível (ALMEIDA, 2008). Esta olerícola desenvolve-se melhor sob condições de clima quente e umidade baixa, com temperaturas variando de 18° a 25°C e extremos de 10° a 32°C. A planta tem melhor crescimento quando ocorrem temperaturas de 20° a 30°C, com pouca variação entre as temperaturas diurnas e noturnas. Quando ocorrem temperaturas abaixo de 12°C, o crescimento é praticamente paralisado, sendo que abaixo de 18°C pode não ocorrer formação de flores (VILLA et al., 2001).

Segundo Romão (1995), no Brasil as espécies do gênero *Citrullus* chegaram pelo Nordeste, introduzidas pelos escravos africanos no período de tráfico negreiro. Mais tarde, com a ocupação do espaço interior do Nordeste brasileiro por várias rotas, as melancias foram dispersas em praticamente todos os municípios da região, inclusive no semi-árido nordestino. O seu cultivo foi continuado pelos pequenos produtores que utilizavam a própria semente para

os próximos plantios (QUEIROZ, 2008). Espécies melhoradas vindas dos Estados Unidos e do Japão na década de 50 para o Estado de São Paulo levou ao estabelecimento de cultivos comerciais que se espalharam por diversas regiões do Brasil (COSTA; PINTO, 1977).

Atualmente, a melancia é cultivada em todos os continentes e seus frutos são apreciados por consumidores de todo o mundo, principalmente em regiões quentes (SANTOS et al., 2005). O maior produtor mundial de melancia é a China, seguindo-se a Turquia e os Estados Unidos (MISSIURA, 2005). No Brasil, é considerada a quarta olerícola mais plantada, com o mercado em franca expansão e produção anual de 600.000 toneladas, colhidas em área de 79.000 ha (SANTOS et al., 2005). Segundo o IBGE (2008) o Brasil é o décimo produtor mundial. Os maiores estados produtores são Rio Grande do Sul, São Paulo, Goiás, Bahia, Tocantins e Minas Gerais (MISSIURA, 2005).

4.2. Sistemas de preparo do solo

Segundo Castro (1988) o preparo do solo pode ser definido como a manipulação física, química ou biológica do solo, com o objetivo de otimizar as condições para a germinação e emergência das sementes, assim como, o estabelecimento das culturas. De acordo com Magalhães (1992), com essas condições físicas satisfeitas, obtém-se uma distribuição adequada de espaços porosos no solo, otimizando-se a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas e as trocas gasosas no sistema solo-planta-atmosfera, proporcionando condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas e, principalmente, do sistema radicular.

Os diversos sistemas de preparo se diferenciam basicamente pelo grau de movimentação do solo e pelo montante de cobertura morta deixada na superfície (TORESAN, 1998). De acordo com Balastreire (1987), o preparo do solo se divide em dois grupos: Preparo inicial do solo e Preparo periódico do solo. O preparo inicial do solo compreende as operações necessárias para criar condições de implantação de culturas, em áreas não utilizadas anteriormente com essa finalidade. Constituem-se em operações de desmatamento e eventualmente de alguma movimentação de terra para tornar a superfície regular. O preparo periódico são as movimentações de solo, com a finalidade de instalação periódica ou não de culturas. Lucarelli et al. (1997) enquadra os sistemas de preparo periódico de solo em duas partes: Sistema convencional e Sistema conservacionista. O sistema convencional utiliza implementos como arado de discos, aiveca e grade pesada, seguido de gradagens leves, tendo como principal característica um revolvimento de toda área a ser cultivada, onde o

implemento atua com a incorporação total ou quase total do resíduo. Já o sistema conservacionista tem como princípio o mínimo ou o não revolvimento do solo, utilizando máquinas ou implementos que quebram superficialmente a estrutura do solo, sem revolvê-lo intensamente, procurando não destruir os agregados e deixando maior quantidade de resíduos na superfície da área.

4.2.1. Sistema convencional de preparo do solo

O sistema convencional de preparo do solo se caracteriza por intensa mobilização do solo, com revolvimento ou inversão da camada superficial e incorporação quase total dos restos culturais (CARVALHO et al., 1991 e BLEVINS; FRYE, 1993). Consiste basicamente da aração (operação primária) com arado de disco, aiveca ou grade aradora pesada, seguida de pelo menos duas gradagens niveladoras (operações secundárias), onde o controle inicial de plantas daninhas é feito através das operações mecânicas.

Segundo Machado; Brum (1978) e Machado et al. (1981), o preparo convencional provoca alterações nas propriedades físicas, principalmente na densidade, na macro, microporosidade e nos agregados. Estas alterações serão maiores quando houver maior intensidade do preparo e este, associado aos diferentes métodos, provocará modificações mais significativas nas características físicas do solo e na produção das culturas envolvidas, sendo as modificações dependentes do tipo de solo, da drenagem e do clima.

O sistema convencional aumenta o volume de poros dentro da camada preparada (BERTOL et al., 2000), a permeabilidade e o armazenamento de ar e facilita o crescimento das raízes das plantas nessa camada (BRAUNACK; DEXTER, 1989), em relação ao sistema plantio direto e ao campo nativo. No entanto, abaixo da camada preparada, contrariamente ao que ocorre no sistema plantio direto e no campo nativo, essas propriedades apresentam comportamento inverso àquele da superfície (BERTOL et al., 2000).

Neste sistemas de preparo, implementos com discos reduzem o grau de cobertura do solo e pulverizam os agregados superficiais, afetando as condições de superfície (MERTEN, 1994). Segundo Pacheco (2008), as seguidas passadas de arados e grades provocam intensa desestruturação do horizonte superficial, que combinado com a compactação subsuperficial diminui a capacidade de infiltração de água no solo, deixando-o extremamente vulnerável ao processo de erosão hídrica. Reicosky; Lindstrom (1993) afirmam que solos manejados com práticas convencionais constituem sistemas propícios à redução dos teores de matéria

orgânica pela ruptura dos agregados e, conseqüente incremento da oxidação biológica do carbono orgânico a CO₂, ocasionando aumento da concentração deste gás na atmosfera.

Segundo Peche Filho et al. (2008), o investimento inicial para o preparo do solo convencional é mais baixo, mas constantemente se torna alto ao longo do tempo, pelo consumo e necessidade de manutenção de um maior número de máquinas. Castro et al. (1986), evidenciam que sistemas de preparo do solo afetam de modo diferente o processo erosivo, modificando-o de acordo com os implementos utilizados, a intensidade e o número de aplicações e a quantidade de resíduos que permanecem na superfície. Em função desses fatores, ocorrerá uma maior ou menor quantidade de solo e água perdidos. A pulverização excessiva do solo torna-o mais suscetível ao selamento superficial e ao transporte de partículas pela enxurrada. A compactação em subsuperfície dificulta o movimento da água no perfil e o desenvolvimento das raízes. Quando o solo permanece descoberto (sem resíduos na superfície), há um aquecimento excessivo, acelerando a decomposição/mineralização da matéria orgânica e reduzindo a atividade biológica a médio e longo prazo. Em conjunto, esses fatores intensificam as perdas de solo por erosão, com o seu conseqüente empobrecimento.

Devido ao uso intensivo e repetitivo de alguns implementos, no preparo convencional do solo, tem-se aumentado a densidade de camadas subsuperficiais, comumente denominadas “pé de arado” ou “pé de grade”, o que diminui a infiltração de água gerando maior escoamento superficial levando à erosão, e perda desta água (LUCARELLI, et al., 1997).

O encharcamento também é uma conseqüência comum do preparo de solo convencional e sua permeabilidade é de difícil recuperação quando a atividade biológica é baixa, o que ocorre nos sistemas convencionais com intensa aplicação de fertilizantes e agrotóxicos (TOKESHI et al., 1997). Há diversos relatos de ocorrência severa de podridões radiculares, como resultado da compactação e do posterior encharcamento do solo (JOUBERT; LABUSCHAGNE, 1998). O encharcamento ocasiona privação de oxigênio e acúmulo de substâncias tóxicas dentro e ao redor das raízes. Mesmo um curto período de privação de oxigênio pode danificar severamente as raízes (LABUSCHAGNE; JOUBERT, 2006). Além disso, condições prolongadas de alta umidade, que comumente se verifica em solos compactados, após chuva ou irrigação, reduzem a respiração da planta (LAMBERS, 1988) e aumentam a exsudação radicular (SMUKER; ERICKSON, 1987), como meio de compensar as condições adversas (LABUSCHAGNE; JOUBERT, 2006).

Ao avaliar o estado de agregação de Latossolos Roxos em diferentes sistemas de manejo, Carpenedo; Mielniczuk (1990) constataram que o solo submetido ao preparo

convencional, constituído de lavra e gradagem para o cultivo do trigo e da soja, apresentou menor agregação do que o do campo e o de mata nativa. Peña et al. (1996), ao estudarem a influência de sistemas de cultivo nas propriedades físicas de um solo de várzea, concluíram que os aspectos negativos, em termos do estado físico do solo, foram mais fortemente registrados nos sistemas onde o solo foi submetido a algum tipo de preparo mecanizado.

4.2.1.1. Arados

A aração é uma fase do preparo do solo que consiste no corte, elevação e posterior inversão da fatia de solo (SILVEIRA, 1988). Essa operação é realizada pela peça ativa do arado, chamada disco nos arados de discos e aiveca, nos arados de aiveca (GALETI, 1981). Com a utilização dos arados, busca-se controlar as plantas que ocorrerão com a cultura a ser implantada em termos de espaço, fertilidade, umidade e luminosidade, bem como proporcionar ao solo, melhores condições de aeração, infiltração, armazenamento de água e homogeneização da fertilidade (MIALHE, 1974).

A origem deste implemento agrícola está ligado ao início das origens agrícolas da humanidade. Os arados mais antigos eram feitos de troncos de árvores bifurcados, onde a parte mais comprida servia como timão, enquanto que a mais curta e afiada, para penetrar no solo (RANGEL, 1993).

Dois tipos básicos de aração são utilizados no Brasil: a aração com discos e com aivecas. O arado de aiveca foi o primeiro implemento criado para utilização no preparo do solo. São constituídos por uma superfície torcida (aiveca), uma borda afilada (relha) e uma extensão inferior (costaneira), as quais são fixadas a uma coluna, devendo possuir, também, um facão ou sega circular (MACHADO et al., 1996). No Brasil seu uso é muito limitado, embora existam trabalhos mostrando efeitos positivos no solo e nas plantas. Esse arado consegue penetrar no solo em maiores profundidades (20-40 cm) em função das características dos elementos de corte, não necessitando de peso adicional. Faz melhor a inversão da camada de solo que o arado de disco, promovendo um melhor enterrio de restos vegetais e sementes de invasoras. O arado de aiveca é um implemento impróprio para áreas recém desbravadas e também para terrenos muito argilosos devido à pegajosidade. Nesse caso, recomenda-se o uso de arados com aiveca recortada, próprios para este tipo de solo. Este é o implemento mais utilizado na Europa e nos Estados Unidos, pois consegue inverter a leiva de forma perfeita. No Brasil, apresenta qualidade de serviço em áreas planas, notadamente nas várzeas drenadas. Como desvantagens incluem-se a má performance em solos com o teor de

argila superior a 30%, a regulagem mais difícil de fazer em comparação ao arado de disco, e pelo fato de deixar a superfície do solo livre de vegetais favorecendo a erosão (PUGLIESI, 2007).

Os arados de discos foram desenvolvidos para suprir deficiências dos arados de aivecas em relação a solos com presença de raízes e outros obstáculos pegajosos e atritantes (BALASTREIRE, 1987 e ORTIZ-CAÑAVATE, 1980). Estes passaram a ter a preferência dos agricultores brasileiros, seja para o preparo periódico do solo ou para cumprir funções específicas, como a incorporação do calcário, permitindo uma mistura melhor do material do que o arado de aivecas (SILVEIRA, 1988).

O arado de discos é acoplado individualmente ao chassi, formando um ângulo horizontal com direção de deslocamento e ângulo vertical diferente de zero (MACHADO et al., 1996). É um equipamento que corta e pica a vegetação da superfície, incorporando-os ao solo a uma profundidade que varia de 15 a 25 cm (SAAD, 1979). O movimento rotativo do disco faz com que os mesmos girem cortando o solo e a vegetação (GADANHA JÚNIOR et al., 1991).

A realização de um preparo de solo baseado em revolvimento com arado e destruição dos agregados do solo em área total facilita a formação de camada compactada abaixo da camada arável (TOKESHI et al., 1997). Intensa desestruturação do solo e a subsequente movimentação vertical de argilas, seguida de deposição na subsuperfície, provoca a formação dessa camada, logo abaixo do volume de solo arável. Como essa camada possui menor permeabilidade, além de tornar o solo mais suscetível à erosão, proporciona o acúmulo de água na região das raízes, formando um ambiente redutor, com possibilidade de profundas alterações químicas e biológicas (PRIMAVESI, 2002).

Segundo Marques; Bertoni (1961), o efeito de maior ou menor revolvimento do solo ocasionado por tipos de preparo tem efeito significativo sobre as perdas de solo e água. Os autores verificaram que no tratamento com duas arações com arado de aiveca resultou em perda de solo de 14,6 t/ha e 5,7% da chuva anual em água escoada. Quando a aração foi subsuperficial, com arado de aiveca com relha tombadora, a perda foi de 8,6% de solo arrastado e 5,0% da chuva anual em água escoada. Esses resultados mostram que o revolvimento do solo deve ser limitado, caso contrário, aumentará a desagregação e, conseqüentemente, a erosão do solo.

4.2.1.2. Grades

Pode-se definir a grade agrícola como uma máquina ou implemento agrícola constituído por diversos órgãos ativos, discos ou dentes. São equipamentos destinados, fundamentalmente, ao preparo secundário do solo, isto é, proporcionar o destorroamento e nivelamento do terreno após o preparo primário, permitindo que se tenham condições adequadas para a realização da sementeira (MACHADO et al., 1996). As grades tem também a função de eliminar as ervas daninhas, realizando a capina, picando, cortando ou fragmentando restos de cultura que podem permanecer sobre a superfície do solo ou serem incorporados pelo arado, enterrar sementes miúdas jogadas à lanço sobre a superfície do terreno, inverter a camada superficial do solo para a incorporação de fertilizantes ou defensivos; escarificar superficial ou profundamente solos cultivados por vários anos. Possibilita ainda picar e enterrar adubos verdes e permitir a construção de práticas mecânicas de controle à erosão em culturas permanentes (BALASTREIRE, 1987). No preparo convencional do solo, a grade complementa ou completa o trabalho do arado, embora possa ser usada também antes ou, até mesmo, substituindo os arados em algumas situações (GALETI, 1981).

A grande maioria das propriedades agrícolas têm utilizado as grades pesadas para o preparo periódico do solo. Devido ao trabalho constante e geralmente às mesmas profundidades, as grades formam camadas compactadas (MAZUCHOWSKI; DERPSCH, 1984).

A aplicação dos sistemas de preparo considerados convencionais, usados pela maioria dos agricultores, como é o caso de preparos com gradagens pesadas seguidas de gradagens niveladoras (MAIA, 1990), têm causado muitas modificações em algumas propriedades e características físicas, químicas e biológicas do solo. Burwell (1968) afirma que a médio e longo prazos o solo perde suas características produtivas naturais em relação ao desenvolvimento das culturas vegetais de interesse econômico.

Segundo Machado et al. (1996), a grade agrícola é um equipamento com utilização bastante diversificada dentro da propriedade. No entanto, quando usada no preparo do solo, deve-se ter o cuidado de reduzir-se ao máximo o número de passadas da grade. Os mesmos autores afirmam ainda que caso a gradeação seja feita de forma excessiva, além dessa operação tornar-se mais cara (maior consumo de combustível), ocasionará um outro problema, que é a desagregação demasiada do solo, a qual pode provocar sua total destruição

(pulverização), tornando-o bastante suscetível ao processo erosivo, além do fato de que um maior trânsito do trator sobre o terreno causa maior compactação em menor espaço de tempo.

4.2.2. Sistemas conservacionistas de preparo do solo

Um sistema de preparo conservacionista é aquele que, além de produzir um leito de semeadura adequado para a cultura a ser implantada, mantém consideráveis quantidades de resíduos vegetais na superfície do solo, protegendo-o contra o impacto das gotas da chuva (CASTRO FILHO et al., 1991). Os autores complementam afirmando que a combinação de sistemas de preparo menos intensivos que o convencional, com a manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo, pode contribuir decisivamente para a sustentabilidade da agricultura no sul do Brasil.

Segundo Johnson et al. (1979), a maneira mais eficaz para controlar a erosão do solo é a manutenção da cobertura vegetal em superfície, o que é uma característica dos sistemas conservacionistas de manejo do solo.

O preparo de solo conservacionista reduz o grau e a intensidade do preparo do solo mantém os resíduos vegetais na superfície, formando uma camada de 5 a 10 centímetros, onde os maiores benefícios são a melhora da estabilidade da estrutura do solo, e a melhora das qualidades físicas do solo (GREGORICH; CARTER, 1997), pode ainda aumentar a associação de minerais e partículas orgânicas, resultando na formação de microestruturas organo-minerais (ANGERS et al., 1997), e em algumas situações aumenta a atividade biológica do solo, além de a macrofauna complementar algum grau de preparo do solo subterraneamente (LAVELLE et al., 1997).

Lucarelli et al., (1997) afirma que os sistemas conservacionistas constituem um meio potencial para reduzir as perdas de água por evaporação e a erosão. A maior justificativa para se adotar práticas conservacionistas é o controle da erosão do solo, que é considerada um sério problema para a produção agrícola. Neste método procura-se manter os resíduos orgânicos de culturas e plantas daninhas mortas na superfície do solo. Assim o solo terá uma cobertura que o protegerá da ação dos efeitos erosivos da chuva e do vento (DERPSCH et al., 1991).

Alguns sistemas conservacionistas como o plantio direto e a escarificação, possibilitam o acúmulo de resíduos na superfície do solo, os quais ajudam a manter a água no corpo do solo, além de diminuir a praticamente a zero as perdas de solo (LUCARELLI et al.,

1997). Dickey (1983) mostrou que o cultivo conservacionista pode poupar pelo menos 50% do tempo de operações, mão-de-obra, e custo de combustível.

4.2.2.1. Cultivo mínimo

O cultivo mínimo do solo consiste em revolvê-lo o mínimo necessário, mantendo os resíduos culturais sob o solo (GONÇALVES et al., 2002). Para um sistema ser qualificado de preparo mínimo uma quantidade mínima de 20 a 30% de resíduos de cultura deve ser deixada sobre a superfície do solo (HAYES, 1982).

Uma das primeiras formas de preparo mínimo utilizado foi a substituição do arado pela grade pesada ou aradora. Com a utilização intensiva deste implemento, começou-se a verificar queda na produção e áreas com erosão, tendo como motivo um grande índice de compactação em perfil logo abaixo da profundidade de trabalho, denominado pé de grade, que impedia a penetração das raízes a procura de nutrientes e água, dificultando a infiltração da água da chuva que começava a escoar superficialmente, carregando a parte mais fértil do solo (INOUE, 2003).

Figueredo; Magalhães (1992) e Camara (2004) consideram o escarificador como um equipamento adequado para o preparo reduzido do solo, com menor revolvimento e incorporação de restos de culturas, protegendo sua superfície e melhorando a infiltração de água. Esses implementos apresentam vantagens sobre os implementos de discos pelo fato de não promoverem uma inversão da camada de solo obtendo-se, com isto, maior capacidade operacional e principalmente menor alteração da estrutura do solo. O preparo do solo com escarificador pode manter e até melhorar a parte física, por desagregar o mínimo possível a sua estrutura e preservar uma cobertura morta capaz de proteger, até certo ponto, a superfície da radiação solar e do impacto das gotas da chuva. O escarificador proporciona um maior rendimento que os arados, além de permitir um bom desenvolvimento radicular, boa infiltração de água e proteção superficial do solo, pois grande parte dos resíduos vegetais permanece sobre a sua superfície (DERPSCH, 1984).

O escarificador é composto por um chassi ou estrutura, que é a parte responsável pela sustentação das hastes, as quais servem de elo de ligação entre este elemento e as ponteiros do escarificador (MACHADO et al.,1996), podendo ser de arrasto ou acoplados no sistema hidráulico dos tratores (BURLA, 2001).

Segundo Silveira (1988), escarificar significa romper o solo da camada arável de 15 a 30 cm com o uso de implementos denominados escarificadores. As hastes dos escarificadores

rompem a camada superficial do solo sem promover a inversão do perfil mobilizado, mantendo entre 50 e 75% da cobertura vegetal existente sobre o solo antes do preparo (Boller, 2001). Inoue et al. (2002), afirmam que a escarificação do solo pode ser adotada para reduzir a compactação em plantio direto e, conseqüentemente, diminuir a densidade e principalmente a resistência mecânica do solo à penetração.

Na agricultura moderna, os subsoladores e escarificadores vem substituindo com grandes vantagens os arados e grades (LANÇAS, 2002). No preparo do solo para o plantio de eucalipto, no sistema de cultivo mínimo, os subsoladores são os principais implementos usados. As hastes possuem três formatos: reta, curva ou parabólica. Elas podem apresentar também aletas, nas suas pontas, com o objetivo de aumentar o volume do solo mobilizado. As hastes dos subsoladores e escarificadores são cravadas no solo e provocam o seu rompimento para frente, para cima e para os lados, tridimensionalmente e em blocos.

Ralisch et al. (2001) avaliaram o efeito da escarificação sob um Latossolo Vermelho, de textura argilosa, tendo concluído que a operação de escarificação resulta em efeitos imediatos na redução da resistência do solo à penetração, porém os mesmos não perduram por mais de um cultivo. Já de acordo com Secco; Reinert (1997), que compararam escarificadores em relação ao plantio direto, o uso de escarificadores proporcionou uma maior porosidade total do solo e rugosidade superficial, e essas condições têm um efeito residual por pelo menos até 10 meses após o preparo. E Pierce et al. (1992) constataram efeito residual da escarificação em um solo francoarenoso, após dois anos, concluindo que este efeito pode diminuir, mas persiste por anos.

Silva (2003) concluiu que a escarificação é uma prática agrícola que pode ser utilizada para diminuir o estado de compactação em lavouras sob plantio direto, ocasionando incremento de rendimento de grão na cultura do milho.

Miranda (1986), Boller (1990), Dallmeyer (1994) e Secco; Reinert (1997) demonstraram o efeito de implementos de hastes sobre o aumento da rugosidade superficial, destacando que esse tipo de preparo do solo aumentou entre duas a quatro vezes a rugosidade superficial do solo em relação a outros manejos de solo e que mesmo com o passar do tempo essa rugosidade se manteve mais elevada.

Castro et al. (1986) avaliando o efeito de sistemas de preparo do solo na infiltração da água no solo, obtiveram uma taxa de infiltração de $12,8 \text{ mm h}^{-1}$ quando utilizaram um arado de disco mais uma grade leve, enquanto que com o uso de escarificador obteve $32,5 \text{ mm h}^{-1}$. Destacam ainda o efeito da escarificação em maior profundidade, mas com uma menor

movimentação do solo e uma maior cobertura do solo por resíduos vegetais, reduzindo o escoamento superficial.

Roth et al. (1983), avaliando a infiltração de água no solo para plantio direto, preparo reduzido utilizando escarificador e preparo tradicional, observou que para as taxas médias de infiltração, a escarificação obteve taxa intermediária entre os outros dois sistemas de preparo.

Em trabalhos de avaliação de implementos, Derpsch et al. (1982) verificaram que foram os escarificadores que deixaram o solo mais protegido com resíduos de culturas. Na avaliação da porcentagem de resíduos presentes na superfície do solo, após o preparo, deixaram 77%, contra 31 e 37% para operações com grade pesada e arado de disco, respectivamente.

Derpsch et al. (1982) verificaram que após o preparo do solo e antes da gradagem, o índice de rugosidade foi superior no caso da escarificação em relação ao preparo com arado de disco e grade, numa pesquisa que avaliou os rendimentos de soja e trigo durante 4 anos. Os rendimentos das culturas no tratamento com escarificador foi semelhante e em alguns anos superior ao preparo do solo com arado de disco e grade.

Derpsch et al. (1984), em estudos realizados em latossolo roxo, com o intuito de estudar diferentes implementos de preparo do solo no que se refere a rendimento, gasto de combustível e efeitos sobre o solo, após sete anos de preparo do solo com escarificação, plantio direto e preparo convencional, concluíram que o preparo mínimo (plantio direto e escarificação), resultou na média dos anos em rendimentos superiores do que o preparo convencional. No tratamento com escarificação na superfície do solo apresentou maior rugosidade superficial, ficando também maior porção de resíduos vegetais na superfície do que no preparo convencional, constatou ainda que o escarificador conseguiu quebrar com maior facilidade as camadas adensadas detectadas no solo, sem provocar pé de arado.

4.2.2.2. Plantio direto

O Sistema plantio direto é o mais pesquisado e difundido sistema conservacionista de produção agrícola, pois pode diminuir a erosão e resultar em pronunciadas mudanças nas propriedades químicas, biológicas e físicas do solo (TORESAN, 1998). É um sistema de semeadura no qual a semente é colocada diretamente no solo não revolvido, utilizando-se máquinas especiais. Somente é aberto um pequeno sulco, de profundidade e largura suficiente para garantir uma boa cobertura e contato da semente com o solo, o controle e extermínio de plantas daninhas é feito com herbicidas. O plantio direto hoje é considerado o sistema ideal

para controle de erosão em razão da manutenção dos restos vegetais na superfície e da mínima mobilização do solo (CASTRO et al., 1986 e CASTRO et al., 1987).

O sistema plantio direto foi desenvolvido buscando a sustentabilidade da produção agrícola, sendo comprovadamente eficiente no controle de erosão (RESCK, 1999) e especialmente adequado para as regiões tropicais (ROMEIRO, 1998), evitando a exposição do solo à intensa ação do sol e da chuva. No entanto, a reduzida movimentação do solo, restrita à linha de semeadura, ocasiona aumento da densidade do solo podendo acarretar, então, a redução na produtividade das culturas (LAL et al., 1989).

De acordo com Amado; Eltz (2003), o sistema plantio direto foi desenvolvido gradativamente nos Estados Unidos, Alemanha e Nova Zelândia, refletindo uma evolução tecnológica da produção agrícola no sentido de reduzir a intensidade de preparo do solo. No Brasil, o sistema de plantio direto teve seu início em 1972 nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul e, atualmente estima-se que o cultivo de grãos e plantas de cobertura alcancem uma área aproximada de 25 milhões de hectares. Segundo Muzilli, (1983) o sistema de plantio direto tem o seu fundamento na ausência do revolvimento do solo, em sua cobertura permanente e na rotação de culturas, trazendo com isto, benefícios como a diminuição da erosão, aumento da fertilidade do solo, maior retenção de umidade, aumento da produtividade, diminuição de mão-de-obra e, conseqüentemente, dos custos de produção, entre outros benefícios diretos e indiretos à sociedade. Ainda salienta que as implicações ambientais do plantio direto são a redução significativa dos níveis de contaminação dos cursos das águas, com proteção dos mananciais e dos reservatórios hídricos; estabilidade ecológica da região; alteração da composição da flora e fauna, garantindo um equilíbrio entre as espécies benéficas e maléficas ao sistema produtivo; eliminação das queimadas e mais recentemente a pesquisa tem nos mostrado que há redução de emissões de gases do efeito estufa, do solo para a atmosfera, e também, transferência (seqüestro) de carbono da atmosfera para o solo, quando se adota o plantio direto, contribuindo para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas globais.

Segundo Oliveira (2002), ao se adotar o Sistema de Plantio Direto, perdem-se menos solo, água e nutrientes por erosão em relação ao sistema convencional, em virtude da não desagregação do solo e da manutenção da palha na superfície. Segundo De Maria (1999), em média, o Sistema de Plantio Direto reduz em 75% as perdas de solo e em 20% as de água, quando comparado ao sistema de plantio convencional.

Fernandes et al. (1983), estudando três sistemas de manejo, demonstraram que após sete anos de implantação do ensaio, o plantio direto foi o que apresentou uma distribuição

mais uniforme de poros em profundidade, refletindo a estruturação natural do solo. Campos et al. (1995) constataram, após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo em um Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico, que o solo sob plantio direto apresentou diâmetro médio ponderado dos agregados cerca de duas vezes maior que o caracterizado para o solo sob plantio convencional, e que essa diferença foi diretamente relacionada ao incremento de carbono orgânico da biomassa microbiana observado no sistema plantio direto. Cruz et al. (2003), após três anos de condução de ensaio, observaram que o sistema plantio direto não apresentou melhorias significativas na agregação do solo em relação aos sistemas convencionais estudados. O tempo de implantação do sistema plantio direto é, portanto, uma variável importante na consideração dos efeitos desse sistema sobre a qualidade do solo.

Ao estudarem os efeitos da cobertura do solo com palha de trigo, Bragagnolo e Mielniczuk (1990) constataram que as doses de 5,0 e 7,5 t ha⁻¹ de palha mantiveram a umidade volumétrica do solo na camada 0 – 5 cm de profundidade, em média 8 a 10% acima do valor da umidade no solo descoberto e no solo com 2,5 t ha⁻¹ de palha.

Falleiro et al. (2003), constataram que o sistema plantio direto promoveu aumento dos teores de nutrientes, à exceção do K e da MO aumento do pH e da CTC efetiva e redução do Al trocável na camada 0 – 5 cm do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Centurion et al. (1985), que ao estudarem os efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas, constataram que houve maior concentração de nutrientes na camada mais superficial do solo (0 - 10 cm) nos sistemas de preparo reduzido e no plantio direto, e uma distribuição mais uniforme de nutrientes na camada de 0 – 20 cm no sistema convencional e super preparo. Merten; Mielniczuk (1991) constataram maior concentração de P, K, Ca e matéria orgânica na superfície do solo na camada de 0 – 5 cm no sistema plantio direto, quando comparado ao sistema convencional.

Comparando a dinâmica da matéria orgânica em diferentes sistemas de preparo e de cultura, Bayer et al. (2000), constataram que a adoção do plantio direto resultou na redução pela metade da taxa de perda da matéria orgânica, comparativamente ao preparo convencional, e que a utilização do plantio direto associado a sistemas de sucessão/rotação de culturas com alto aporte de resíduos de N pela inclusão de leguminosas é fundamental, permitindo acelerar o aumento dos teores de matéria orgânica e diminuir a emissão de gás carbônico do solo para a atmosfera.

Sidiras et al. (1983) verificaram que o rendimento médio da soja em plantio direto, num período de três anos, foi 33% superior ao obtido em sistema de preparo convencional. Eltz et al. (1989), ao estudar os efeitos de sistemas de preparo num período de sete anos e

meio, constataram que o sistema plantio direto produziu cerca de 22% a mais de grãos que o plantio convencional.

Ribeiro; Miranda (2000), relatam que a avaliação econômica de sistemas de semeadura direta e plantio convencional tem sido fruto de vários estudos, sendo que os resultados têm variado de acordo com as características específicas de cada sistema de produção e também de acordo com a época em que os estudos foram realizados. Os resultados econômicos médios obtidos durante o período de 1997 a 1999 por Ribeiro et al. (1999), em treze propriedades na Região Sudoeste do Paraná, na comparação entre semeadura direta, cultivo mínimo e plantio convencional, demonstraram que a receita líquida seguiu uma ordem decrescente, partindo da semeadura direta, e demanda de mão de obra, ao contrário, em ordem crescente.

4.3. Instrumentação agrícola para medida do desempenho de tratores

O termo mecanização agrícola é geralmente usado como uma descrição global da aplicação de ferramentas, implementos, máquinas e potência mecânica (humana, animal ou motomecanizada) na agricultura (CLARKE, 1997). Ainda de acordo com esse pesquisador, existem três formas de prover energia para a utilização de ferramentas, implementos e máquinas: potência manual (humana); potência animal; e potência motorizada.

De acordo com Ripoli et al. (2005), a moderna agricultura, seja ela em grande escala ou mesmo entre médios e pequenos agricultores tem, como principal característica, o elevado índice de mecanização das operações de campo. Márquez (1990), afirma que o trator agrícola é uma unidade polivalente, que realiza diversos trabalhos e em condições muito variadas. De acordo com Schlosser (1996) essa máquina constitui-se, na principal fonte de potência para a agricultura, servindo de base à mecanização agrícola moderna.

Os tratores agrícolas têm seu desempenho avaliado pela força e potência desenvolvida na barra de tração, torque e potência desenvolvida na tomada de potência (TDP), eficiência de tração, patinagem das rodas motrizes e consumo de combustível. Os mesmos autores afirmam ainda que a monitorização do desempenho do trator tem sido do interesse de pesquisadores a mais de três décadas, tendo como principal objetivo a otimização do desempenho do trator, para aumentar a eficiência de utilização do combustível, de modo que produza máxima quantidade de trabalho por unidade de combustível consumido (SILVA; BENEZ, 1997).

Segundo Silva et al. (1999), o objetivo da instrumentação agrícola para realização de ensaios em campo é gerar informações que possibilitem dimensionar e racionalizar o uso de conjuntos motomecanizados na área agrícola.

Mantovani et al. (1999), afirmam que testes de desempenho do conjunto trator-implemento, usando instrumentação eletrônica, permitem uma grande capacidade de trabalho em razão da facilidade de programação e operação da cadeia de medições. Pelos dados coletados obtêm-se as curvas de desempenho operacional do conjunto, assim como um relatório de avaliação completo de forma bastante rápida, que pode servir de recomendação tanto para o usuário quanto para os fabricantes.

Um sistema de medição de parâmetros físicos do desempenho de tratores agrícolas depende, fundamentalmente, do tipo de sensores que o constitui. Os sistemas mais habituais, de concepção relativamente simples, normalmente de custo reduzido, e desenvolvidos de forma a permitir fácil adaptação a qualquer trator em condições de trabalho muito diversas, têm como sensores: um radar, uma célula de carga, um medidor de fluxo e sensores magnéticos de proximidade. Alguns exemplos desses modelos são apresentados por Peça et al. (1998), Mantovani et al. (1999), Al-Janobi (2000) e Russini (2009). A estrutura de um sistema de aquisição de dados (SAD) inclui, para além dos sensores, uma unidade de tratamento e condicionamento de sinal (conversão de sinais analógicos em sinais digitais), ligada por interface (placa de aquisição de dados) a um sistema de armazenamento e tratamento dos dados (computador).

Green et al. (1985), montaram um sistema de instrumentação para monitorar e obter dados de desempenho de um trator da marca John Deere, onde as variáveis medidas foram: rotação das rodas dianteiras e traseiras, velocidade de deslocamento, rotação do motor, rotação do diferencial, força de tração na barra, torque nos eixos trator/implemento e concluíram com a pesquisa que quando tracionando grade de discos em tandem, a eficiência de tração e torque no motor aumentaram 10,6% e 33,4%, respectivamente, quando a marcha foi mudada de segunda para terceira, e o decréscimo no requerimento de energia específica do combustível foi de 24,6%. Quando foram praticadas técnicas de baixa aceleração e marcha elevada, o consumo específico de combustível diminuiu 14,8% quando tracionando uma grade de disco “of set” e 8,3% quando tracionando um arado de cinzel.

Bowers (1986), determinou através de um sistema de aquisição de dados, dotado de um microcomputador montado sobre um trator de 81 KW, a velocidade, a força de tração e o consumo de combustível. O autor concluiu, que em todos os tipos de solo, o consumo de combustível, em litros de óleo diesel por hectare, foi maior para o arado de aiveca, quando

comparado com o arado de cinzel, grade de disco e semeadora. Para todos os tipos de solo, o consumo de combustível para o preparo tradicional foi maior quando comparados ao cultivo mínimo.

Summers et al. (1986), ao analisarem funções relativas à variação da força de tração média com a velocidade, para alguns equipamentos de preparo do solo, observaram que o esforço tratorio variou linearmente com a velocidade, para implementos como subsoladores, grades de discos e arado escarificador. Observaram ainda que pequenas mudanças na profundidade de preparo ou velocidade de deslocamento podem afetar significativamente o consumo horário de combustível e a energia requerida.

4.3.1. Consumo de combustível

O consumo de energia nas operações agrícolas varia em função do tipo de solo e das condições em que este se encontra, do sistema de preparo e do maquinário, entre outros fatores. Desde que o emprego de máquinas e implementos agrícolas montados ou de arrasto passou a se generalizar, tornou-se preocupação de pesquisadores e empresas a quantificação dos esforços atuantes nos tratores e implementos, além do consumo de combustível, em função das características dos sistemas de produção (SILVA et al., 1999).

Reis (2004), afirma que os custos do maquinário agrícola são, no geral, o maior dos custos de produção, podendo responder por 60% dos custos anuais, porém, pode-se reduzir esses custos, reduzindo-se o consumo de combustível dos tratores, no caso preza-se pelo aumento da eficiência de trabalho, usando somente o necessário de potência para dada atividade.

O consumo de combustível pode ser diretamente afetado pelo sistema de preparo do solo utilizado e, nesse sentido, Furlani (2000) avaliando uma semeadora de seis linhas para feijão, obteve maior consumo de combustível por área trabalhada em solo escarificado, seguido pelo preparo convencional e plantio direto, com valores de 9,3; 7,6; e 7,1 L ha⁻¹, respectivamente.

Ao avaliar o desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno, Furlani et al. (2004) observaram, na operação de semeadura sobre o solo preparado com escarificador, uma diferença de 2 L por hectare a mais em relação às semeaduras direta e convencional, fato esse provocado pela maior rugosidade superficial e pela maior profundidade da camada mobilizada

do solo. O consumo de combustível por hectare, foi maior no preparo convencional do que na semeadura direta.

De acordo com Steinkampf (1981), no máximo 20% da energia do combustível gasto é transformada em energia útil na utilização do trator para a tração. O autor ainda afirma que isto é resultado de perdas no motor, na transmissão, na interação pneu-solo e do consumo de energia no acionamento dos órgãos auxiliares.

Lopes et al. (2003) verificaram que o consumo de combustível num trator 4x2 TDA com 121 cv no motor é influenciado pela lastragem do trator, pela carga imposta na barra de tração, pelo tipo de pneu e pela velocidade de deslocamento.

Raper et al. (2005), verificaram redução no consumo de combustível da ordem de 43% e 27%, quando a profundidade de subsolagem foi de 25 e 35 cm, respectivamente, comparado à profundidade de 45 cm. O mesmo autor alerta que se pode conseguir redução do consumo de combustível trabalhando com profundidades variáveis, de acordo com a camada do solo a ser descompactada.

Levien et al. (1999) constataram maior patinagem das rodas motrizes do trator na semeadura em solo arado e escarificado, comparado ao sistema plantio direto. Os mesmos autores obtiveram média de 2,1 ha h⁻¹ de capacidade de campo e 5,90 L ha⁻¹ de consumo de combustível por área trabalhada, enquanto Marques et al. (1999) encontraram 1,45 ha h⁻¹ e 7,30 L ha⁻¹, respectivamente.

Wiedman; Bandy (1986) usaram um sistema de monitoramento em trator para avaliar os requerimentos de potência do equipamento e o consumo de combustível em sistemas de preparo do solo tradicional e reduzido. Os autores observaram que tipos diferentes de solo fizeram pouca diferença nos requerimentos de potência de equipamentos e que práticas culturais anteriores e, principalmente, velocidade e profundidade de cultivo influenciaram significativamente nos requerimentos de potência dos equipamentos. Dados iniciais indicaram uma economia de 27% na potência e de 35% no consumo de combustível para o preparo reduzido em comparação ao tradicional.

4.3.2. Força na barra de tração

A tração é a força, na direção do deslocamento, produzida por um trator em sua barra de tração (ASAE, 1999).

A eficiência no uso dessa força é limitada pela ação dos dispositivos de tração, que, nos tratores agrícolas, mais usualmente, são rodados pneumáticos (SRIVASTAVA et al., 1996). O baixo desempenho na barra de tração ocorre devido a alguns fatores como o tipo de solo (características intrínsecas), distribuição de peso sobre os rodados, características dos rodados, transferência de peso durante a operação, tipo e quantidade de cobertura vegetal, entre outros (GABRIEL FILHO et al., 2002). Esse mesmo autor, avaliando o desempenho operacional de um trator agrícola em área com diferentes tipos de cobertura vegetal, concluíram que a maior quantidade de matéria seca na superfície do solo aumenta os índices de patinagem e, por isso, diminui a eficiência de tração. Esse fato pode ser explicado devido à tração ser resultado da interação entre o rodado e a superfície em questão.

De acordo com Zoz (1997), progressos consideráveis vêm sendo obtidos, nas últimas décadas, no estudo da tração, quando foram desenvolvidos critérios para avaliar o desempenho do trator com base nos resultados de ensaio realizados em pista de concreto.

As necessidades de tração dos implementos agrícolas são dependentes de variáveis como solo e o próprio implemento. Dentro da variável solo, destacam-se a distribuição do tamanho de agregados, a textura, a estrutura, o teor de água no solo, a densidade do solo e os efeitos da declividade, da vegetação e dos resíduos de culturas anteriores (ASAE, 1996). A força de tração necessária é o principal fator a ser considerado para o cálculo da potência nominal que um trator deverá ter no motor, para tracionar determinado implemento (PACHECO, 2000).

O tipo de solo afeta muito a demanda por força de tração na subsolagem, como mostraram Dransfield et al. (1965), ao avaliarem o efeito de hastes subsoladoras para o preparo do solo em plantações de trigo na Austrália, concluíram que, solos com baixa densidade, a força de tração aumenta linearmente com a profundidade de trabalho, mas em solos com alta densidade, essa relação não ocorreu.

Ferguson (1970), mediu a força de tração de um escarificador com ponteira alada de 8 polegadas (20,32 cm), usando um carro dinamométrico. Foram feitas diversas combinações de ponteiras para avaliar o efeito da força de tração em condições de solo compactado. O autor concluiu que a força média de tração na ponteira trabalhando a 4 polegadas (10,16 cm) de profundidade, em solo não trabalhado anteriormente, variou de 690 a 893 lbf (3070,33 a 3973,64 N).

Mantovani et al. (1992), obtiveram valores de força de tração entre 0,92 e 2,32 KN por linha, quando testaram cinco modelos comerciais de semeadoras-adubadoras de arrasto, com

quatro linhas para milho, mecanismo sulcador de disco duplo para sementes e adubo, em solos argilosos, preparados convencionalmente e com velocidade de 4,5 e 6,0 km h⁻¹.

Mahl et al. (2004), analisando a demanda energética na semeadura de milho em diferentes velocidades e preparo de solo (plantio direto e escarificação), observaram que a força na barra de tração não foi influenciada pela forma de preparo do solo. Entretanto, nas duas velocidades menores (4,4 e 6,1 km h⁻¹) a força de tração foi semelhante, e essas diferiram da maior velocidade testada (8,1 km h⁻¹).

Silva et al. (2000) verificaram que a força de tração média requerida na barra de tração não sofreu variação significativa com alteração da velocidade. Entretanto, os autores verificaram uma tendência de aumento no requerimento de força de tração, sendo que este aumento ocorreu com a maior velocidade de deslocamento.

2.3.3. Potência na barra de tração

O trator, deve ter a potência suficiente para tracionar/acionar a máquina ou implemento e, por outro lado, estes devem ter tamanho e características compatível com o trator. Além disso, o conjunto trator/equipamento deve ser o menos oneroso possível para o agricultor. A característica técnica que mais atrai o interesse do usuário quando da aquisição de um trator agrícola é a potência que pode desenvolver.

A potência média dos tratores fabricados e utilizados ao longo dos últimos 30 anos aumentou mais de 100% passando de 40 KW para 81 KW. Witney (1988), afirma que o aumento de potência por trator é um comportamento esperado durante a fase de desenvolvimento da mecanização em um país e tende a atingir um valor e se estabilizar, sendo acompanhado por uma redução no número total de tratores.

De acordo com Mialhe (1991), dependendo das condições de operação do trator, as perdas na transmissão de potência do motor para a barra de tração podem atingir altos níveis, comprometendo o desempenho do trator. Portanto, torna-se imprescindível conhecer a força e, conseqüentemente, a potência disponível na barra de tração dos tratores agrícolas, uma vez que, a partir do conhecimento desta potência, pode-se dimensionar implementos adequados à capacidade do trator.

A potência disponível na barra de tração pode ser determinada, a partir do ensaio na barra de tração, sendo este realizado em pista de concreto para tratores de pneus (MIALHE, 1996). Segundo Liljedahl et al. (1995), a transmissão de potência por meio da barra de tração, embora menos eficiente em relação à tomada de potência e ao sistema hidráulico, é a forma

mais comum de utilização do trator agrícola devido sua versatilidade. O autor afirma ainda que fatores como o tipo de solo, a geometria do trator e a distribuição de peso sobre os rodados durante a operação contribuem para o baixo desempenho da transmissão de potência por meio da barra e tração, sendo a patinagem o principal motivo para o mesmo.

Na transmissão de potência do motor para a barra de tração, ocorrem perdas que, dependendo das condições de operação do trator, podem atingir níveis bastante comprometedores (MIALHE, 1991). Zoz (1987), apresentou um diagrama de estimativa da perda de potência nos diferentes mecanismos do trator e diferentes condições de solo, no qual se verifica que, para tratores 4x2, as perdas podem variar de 20% em pista de concreto, até 53% ou mais em solos soltos, pois esses apresentam condições inadequadas para a tração.

A demanda de potência na operação de subsolagem e escarificação sofre influência de inúmeras variáveis. Fornstron; Becker (1977), verificaram em seus estudos grande variação na demanda de maquinaria para os mesmos implementos em um mesmo solo. Segundo esses autores, a tração requerida pela maquinaria é muito variável com o estado do solo e particularmente com o teor de água do mesmo. A eficiência na unidade de potência foi altamente correlacionada à potência requerida na barra.

Mantovani et al. (1992), ao avaliarem a eficiência operacional de nove semeadoras-adubadoras em sistema convencional, em que três semeadoras continham duas linhas e seis semeadoras com quatro, concluíram que a demanda de potência na barra variou de 4,34 a 4,85 KW entre as semeadoras de duas e de 4,61 e 14,72 KW entre as de quatro linhas de plantio. Eles concluíram, ainda, que a demanda de potência média apresentada nos catálogos para as semeadoras estudadas foi maior, mesmo considerando os testes feitos em uma única condição de solo, com relação ao tipo, declividade e teor de água.

4.3.4. Patinagem dos rodados

A patinagem ocorre, quando existe deslizamento entre a superfície da banda de rodagem e o solo, durante a operação, sendo facilmente visualizada a partir do movimento giratório das rodas motrizes do trator com pequeno ou nenhum avanço das mesmas (MIALHE, 1991 e GAMERO; LANÇAS, 1996).

Segundo a ASAE (1989), para um trator operar com máxima eficiência de tração, a patinagem do rodado motriz deve estar entre 8 e 10% em solos não mobilizados, 11 e 13% em solos mobilizados e 14 e 16% em solos soltos ou arenosos. Superfícies mais soltas, como por

exemplo, solos arenosos, permitem uma patinagem maior para que a eficiência trativa seja máxima.

Corrêa et al. (1998) afirmam que o índice de 10% de patinagem situa-se na faixa de obtenção de máxima eficiência trativa em algumas condições de solo agrícola. O índice de 20% de patinagem é utilizado por alguns autores (WULFSOHN et al., 1988, DWYER; FEBO, 1987 e GEE-CLOUGH et al., 1977) para expressar o coeficiente líquido de tração quando o objetivo é comparar o desempenho de pneus em campo. O índice de 30% representa situação de extrema perda de energia pelo rodado, que não é impossível de ser encontrada em operações agrícolas.

Segundo Schlosser et al. (1992), a patinagem excessiva das rodas motrizes, devida à falta de interação entre o rodado e o solo, é um fator de perda de velocidade e é agravada pelo mau estado dos pneus. Franz (1988) afirma que os rodados pneumáticos para tração devem proporcionar aderência ao solo; para isto, a banda de rodagem possui garras cujas dimensões, principalmente a altura, variam devido a características construtivas ou por desgaste, afetando a capacidade do trator em desenvolver esforço de tração.

Liljedahl et al. (1995), relataram que o desempenho dos rodados no desenvolvimento da tração está relacionado com os parâmetros do solo, presença de resíduo ou cobertura morta, carga sobre o rodado e pressão do rodado.

Em desempenho de semeadora-adubadora de plantio direto, Reis et al. (2003) encontraram maiores valores de patinagem com o incremento da velocidade e no mecanismo sulcador tipo facão. Camilo et al. (2004), encontraram, no mecanismo sulcador tipo disco duplo, maior valor médio de patinagem da roda motriz do trator. Atribuem-se essas discrepâncias de valores ao tipo de solo, quantidade de cobertura morta ou teor de água do solo. Esses mesmos autores concluíram, ainda, que o incremento na velocidade de operação aumentou o valor médio de patinagem da roda motriz do trator. Gabriel Filho et al. (2004), avaliando o desempenho de um trator em solo com diferentes coberturas vegetais (nabo, aveia, ervilhaca, aveia e nabo e testemunha) no desenvolvimento da tração, observaram, entre os tratamentos, variações no patinamento dos rodados-motriz, sendo menor na área sem cobertura (testemunha) e maior na área coberta com aveia, que, por sua vez, não diferiu somente da área com nabo. Concluíram esses autores que, em área onde existe cobertura vegetal, há alteração na interação do rodado com o solo, e a capacidade do trator em desenvolver a tração é diminuída.

4.4. Mobilização do solo

O perfil mobilizado do solo é um fator de grande importância para a condição inicial e final da camada do solo preparado. Os fenômenos decorrentes da operação de preparo do solo são o deslocamento vertical do perfil do solo, e a sua área mobilizada, sendo obrigatório o levantamento de três perfis: o perfil da superfície natural, da superfície final e o perfil interno do solo mobilizado. O perfil da superfície final é obtido com o perfilômetro colocado no mesmo local que se encontrava para avaliação do perfil de superfície natural, enquanto que o perfil interno do solo mobilizado, perfil de subsuperfície, é obtido após a retirada do solo mobilizado pelo equipamento, no mesmo local que os perfis anteriores (DANIEL; MARETTI,1990).

Segundo Dallmeyer (1994), a mobilização do solo é realizada principalmente para aumentar a aeração, a infiltração de água, a incorporação de insumos, os restos culturais e a redução da infestação de pragas e de plantas invasoras.

Silva et al. (2002) avaliaram os efeitos do arado de aiveca e enxada rotativa na camada mobilizada do solo e observaram que o arado de aiveca proporcionou maiores áreas de mobilização de elevação e mobilização total comparados à enxada rotativa.

Ensaando três tipos de subsoladores com características geométricas distintas Beltrame (1983) concluiu que a área mobilizada do solo foi maior nos tratamentos com menores teores de água, independentemente do subsolador utilizado. Santos; Lanças (1993), estudando a influência do teor de água do solo e velocidade de deslocamento do implemento no desempenho do subsolador, também observaram que houve uma maior mobilização do solo pelo subsolador, com menores teores de água no solo.

Carvalho Filho et al. (2008), avaliando a mobilização de um latossolo vermelho acriférrico em função de sistemas de preparo do solo, concluíram que o arado de aivecas, seguido do escarificador e do arado de discos apresentaram maior área mobilizada e de espessura média de camada.

4.5. Produtividade

O setor frutícola é visto como um dos mais importantes segmentos do agronegócio brasileiro, trata-se de um segmento estratégico no desenvolvimento social do país, principalmente nos tempos atuais, onde o desemprego é um dos seus principais problemas

(IBRAF, 2008). Segundo Pinazza (2003), a fruticultura brasileira emprega 5,6 milhões de pessoas, ou seja, 27% do total da mão de obra agrícola ocupada no país.

Apesar da importância da melancia, pouco se conhece sobre aspectos ligados à sua economicidade, envolvendo, sobretudo, questões relativas aos retornos dos investimentos realizados pelos produtores e, também, à comercialização (Okawa et al., 1994). Estes mesmos autores afirmam que a cultura da melancia apresenta alta rentabilidade quando conduzida de forma a obter boa produtividade, o que explicaria a persistência de produtores na atividade, mesmo após sofrer revés econômico decorrentes sobretudo de condições climáticas desfavoráveis ou ataque de pragas e doenças.

Estudando diferentes lâminas de irrigação por gotejamento em função da evaporação do tanque classe A na cultura da melancia (cv. *Crimson Sweet*), Andrade Júnior et al. (1997) verificaram que o peso médio de frutos e conseqüentemente a produção foram influenciados pela irrigação. Andrade Júnior et al. (2001) realizaram um estudo econômico da irrigação na cultura e concluíram que, independentemente do custo da energia elétrica, a utilização da irrigação com déficit (lâmina de irrigação inferior a produção máxima ou seja 127 mm) é vantajosa no intervalo de variação de preços do produto de US\$ 0,05 kg⁻¹ a US\$ 0,35 kg⁻¹; acima deste intervalo, deve-se utilizar a lâmina de irrigação (356 mm) que proporciona a máxima produção de frutos da cultura.

Andrade Júnior et al. (1997), utilizando a cultivar *Crimson Sweet*, alcançaram uma produtividade máxima de 65,4 t/ha nas condições edafoclimáticas dos tabuleiros do Piauí. Mas quando há influência de fatores como a incidência de doenças e ervas daninhas, a produtividade nesta região com clima mais árido também pode ser reduzida.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Área experimental

O trabalho foi conduzido em condições de campo, na Fazenda São Roque, município de Dilermando de Aguiar, distante aproximadamente 33 km do município de Santa Maria, na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, no ano agrícola de 2008/2009. O clima da região é do tipo “Cfa” subtropical úmido sem estiagem, segundo classificação de Köppen, com precipitações médias anuais de 1685 mm e temperaturas médias anuais entre 17,9 a 19,2°C e umidade relativa do ar média anual de 71 a 82% (MORENO, 1961 e BÖCK, 2002). A área experimental está localizada nas coordenadas geodésicas 29° 48’ 46” Sul e 53° 59’ 14” Oeste, com 131m de elevação. A vista geral da área pode ser observada na Figura 1.



Figura 1 – Vista geral da área

5.2. Solo

O solo da área experimental é pertencente à unidade de mapeamento São Pedro, tendo sido classificada inicialmente pelo Serviço Nacional de Pesquisa Agropecuária (1973), enquadrando-se na nova classificação como Argissolo Vermelho distrófico arênico (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS, 2006). São solos profundos, avermelhados, textura superficial franco-arenosa, friável e bem drenado, são ácidos, com saturação de bases

baixa a média, pobres em matéria orgânica e na maioria dos nutrientes. Streck et al. (2008) caracterizam como solos que “apresentam tipicamente um perfil com gradiente textural, onde o horizonte B é significativamente mais argiloso do que os horizontes A e E”. A área vinha sendo usada com campo natural pobre com diversas plantas invasoras e pastoreada com gado.

5.3. Cultura avaliada

Como cultura indicadora do experimento foi utilizada a variedade de melancia de nome comercial Crimson Select Plus (Figura 2), que tem como características formato do fruto arredondado, coloração da casca verde com estrias verde escuro, coloração da polpa vermelha intensa, peso médio 12-15 Kg e colheita em 75-85 dias.



Figura 2- Aspecto da cultivar Crinsom Select Plus.

5.4. Cultura de cobertura

Para a obtenção da palha para a cobertura do solo visando à implantação do experimento foi semeada aveia preta (*Avena strigosa*), como pode ser visto na Figura 3. Para a semeadura a área foi previamente dessecada com herbicida de ação total, glifosato a 1.440 g ha^{-1} , aplicado com um conjunto trator e pulverizador equipado com bicos do tipo leque e regulado para vazão de 200 L ha^{-1} de calda. A semeadura foi realizada 10 dias após, com um conjunto trator e semeadora para plantio direto, com espaçamento entre linha de $0,17 \text{ m}$, regulada para uma dosagem de 40 Kg ha^{-1} de semente, com uma profundidade de semeadura

de 3 centímetros. As recomendações de adubação e calagem para a aveia seguiram o Manual de Adubação e de Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, de acordo com a análise de solo feita previamente. A calagem foi feita a lanço na superfície na dosagem de 3 t ha⁻¹ e a adubação de 500 Kg ha⁻¹ de superfosfato simples, 50 Kg ha⁻¹ de uréia e 50 Kg ha⁻¹ de cloreto de potássio.



Figura 3- Cultura da aveia preta no início de desenvolvimento

Após o crescimento e desenvolvimento da cultura foi passado um trilho rolagador (Figura 4), para rolagem da aveia em toda a área experimental.



Figura 4- Aveia preta rolada na área experimental

5.5. Tratores

Foi utilizada na área experimental um sistema denominado “comboio” conforme Mialhe (1996). Este conjunto foi composto por dois tratores, onde o primeiro, denominado trator de tração, tracionou o segundo, trator suporte, que realizava a mobilização do solo, entre os dois tratores foi instalada uma célula de carga.

5.5.1. Trator utilizado com a instrumentação eletrônica

Toda a instrumentação eletrônica foi instalada em um trator teste da marca Massey Ferguson modelo Advanced 290 Shuttle ano 2007, como pode ser observado na Figura 5, motor Perkins 4 cilindros aspirado e 4.100 cm^3 , com potência na rotação nominal de 63KW (85 CV), torque máximo a 1.400 rpm 319 Nm (3.250 Kgf) e tração dianteira auxiliar (TDA). A transmissão de potência deste trator apresentou um sistema de reversão com oito marchas à frente e oito marchas à ré.



Figura 5 - Trator teste utilizado, mostrando a montagem da instrumentação eletrônica (Russini, 2009)

Os pneus que equipavam o trator eram da marca Goodyear, 23.1-26R2 nas rodas traseiras, e 14.9-24R2 nas rodas dianteiras. A massa total com lastro era 4.524 quilogramas. A massa do trator somente com lastro metálico era de 4.360 quilogramas.

5.5.2. Trator de apoio

Foi utilizado ainda um outro trator Massey Ferguson MF 275 (Figura 6), motor Perkins série 4000 com 75 cv, e transmissão de 12 marchas, que acoplado ao trator teste, tracionava os implementos.



Figura 6 - Trator de apoio onde eram acoplados os implementos

5.6. Semeadora-adubadora

A semeadora-adubadora utilizada no teste foi da marca Semeato, modelo Pac 2300 (Figura 7), que possuía sistema de engate e acoplamento ao trator, reservatórios para sementes e fertilizante, sistema de acionamento e transmissão, sistemas de dosagem e distribuição de sementes e fertilizante.

Antes do plantio da cultura da melancia a semeadora-adubadora foi previamente regulada em área fora da área experimental, com quantidade de adubo 500Kg NPK, 5-30-20 e 4 sementes por metro linear, com espaçamento 0,75 x 2,20 metros (entre plantas na fila e entre filas, respectivamente) totalizando 1,6Kg ha⁻¹ de semente.



Figura 7 – Semeadora-adubadora

5.7. Implementos

Foi utilizado um arado de discos reversível, composto por quatro discos côncavos de 660 mm de diâmetro, regulados para trabalharem à profundidade de 200 mm, com espaçamento entre discos de 585 mm e massa de 480 Kgf (Figura 8).



Figura 8 – Arado de discos

Uma grade agrícola tipo tandem com dez discos recortados a frente e dez discos lisos na seção traseira, com discos de 457,2 mm de diâmetro (Figura 9).



Figura 9 – Grade agrícola

Foi utilizado ainda um escarificador marca Stara Asa H (Figura 10), com massa de 580Kg, equipado com 5 hastas curvas espaçadas 0,35 m entre si, com ponteiros sem asa e roda de controle de profundidade, onde as hastas eram levantadas ou baixadas de acordo com a quantidade de haste requerida no tratamento, sendo de 0,25m a profundidade de trabalho.



Figura 10 – Escarificador de cinco hastas

5.8. Tratamentos

Os tratamentos aplicados:

- Tratamento 1: Preparo convencional do solo (PC), com uma aração e duas gradagens, as unidades experimentais que receberam este tratamento os restos culturais da aveia preta foram incorporados ao solo no momento do preparo.
- Tratamento 2: Plantio direto de melancia sobre área cultivada previamente com aveia preta, sem mobilização do solo (PD).
- Tratamento 3: Plantio direto escarificado, com uma haste de escarificador, sobre área cultivada previamente com aveia preta (PDE1H).
- Tratamento 4: Plantio direto escarificado, com duas hastes de escarificador lado-a-lado, sobre área cultivada previamente com aveia preta (PDE2H).
- Tratamento 5: Plantio direto escarificado, com três hastes de escarificador lado-a-lado, sobre área cultivada previamente com aveia preta (PDE3H).
- Tratamento 6: Plantio direto escarificado, com quatro hastes de escarificador lado-a-lado, sobre área cultivada previamente com aveia preta (PDE4H).
- Tratamento 7: Plantio direto escarificado, com cinco hastes de escarificador lado-a-lado, sobre área cultivada previamente com aveia preta (PDE5H).

Os tratamentos e as repetições foram distribuídos como indicado na Figura 11.

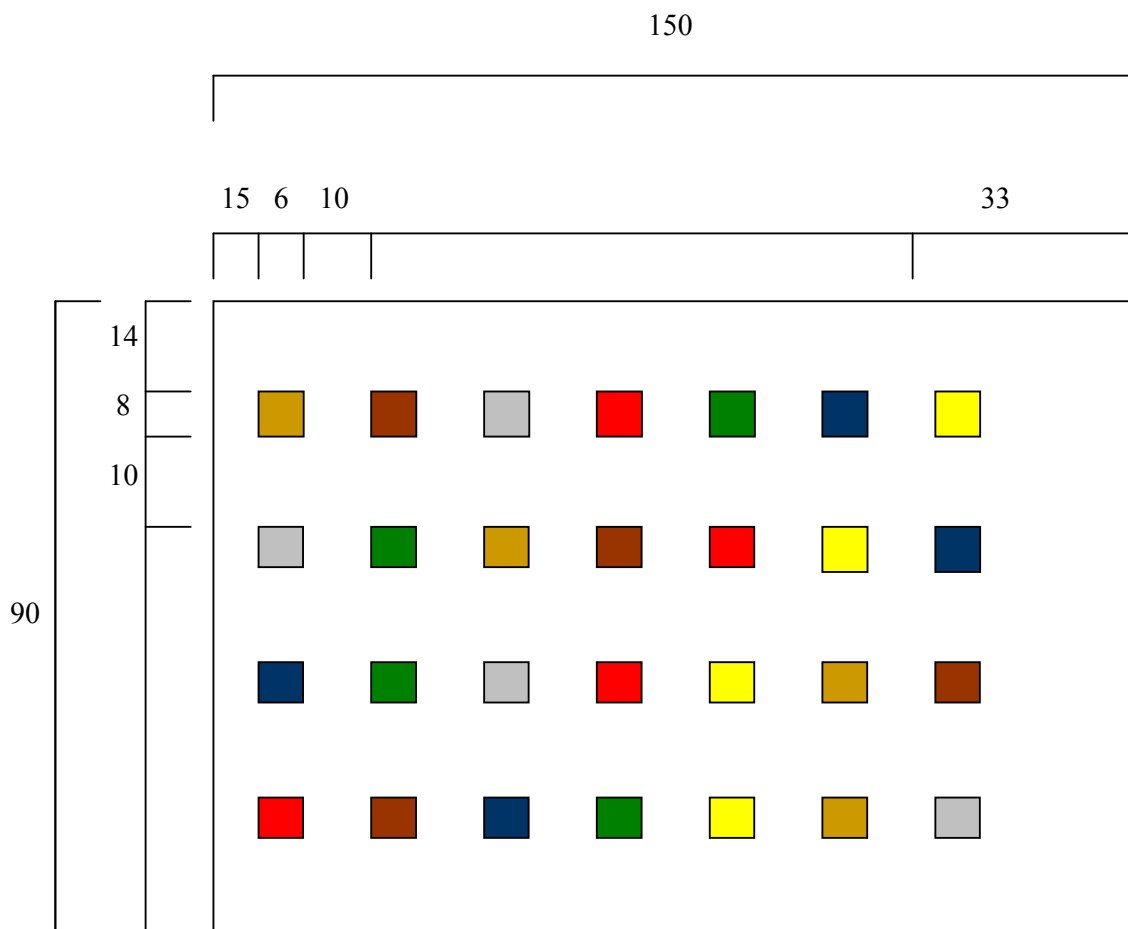


Figura 11 – Croqui da área experimental, com distância em metros.

- T1-PC (Plantio convencional)
- T2-PD (Plantio direto)
- T3-PDE1H (Plantio direto escarificado com 1 haste)
- T4-PDE2H (Plantio direto escarificado com 2 hastes)
- T5-PDE3H (Plantio direto escarificado com 3 hastes)
- T6-PDE4H (Plantio direto escarificado com 4 hastes)
- T7-PDE5H (Plantio direto escarificado com 5 hastes)

5.9. Delineamento experimental

A área experimental correspondeu a 1,1 ha, onde as parcelas tinham dimensões de 6 m de largura por 8 m de comprimento com 10 metros entre blocos para manobras das máquinas e implementos.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com quatro repetições e sete tratamentos, totalizando 28 parcelas. Os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey com probabilidade de 5% de erro.

5.10. Instrumentação do trator teste

A instrumentação consistiu em um conjunto de sensores para aquisição dos dados do trator, que transmitiram os dados coletados a cada dois segundos durante as operações, a uma central de armazenamento, tendo-se assim dados suficientes para caracterizar o desempenho do conjunto motomecanizado diretamente no campo, de maneira que os resultados refletiram, com a maior fidelidade possível, as situações encontradas nas suas condições reais de trabalho.

Os parâmetros de desempenho avaliados foram consumo de combustível, velocidade de deslocamento, patinamento das rodas motrizes e força de tração demandada na barra de tração do trator. O sistema foi constituído basicamente de um trator equipado com: sensores de proximidade nas quatro rodas, um sensor de fluxo de combustível, uma célula de carga, um GPS portátil e um datalogger, conforme é mostrado na Figura 12.

Os equipamentos foram instalados de modo a permitir a operação normal sem interferir no trabalho a ser executado no campo pelo trator e manter a integridade destes, evitando que estes não sofressem ação de adversidades como poeira, umidade e vibração.

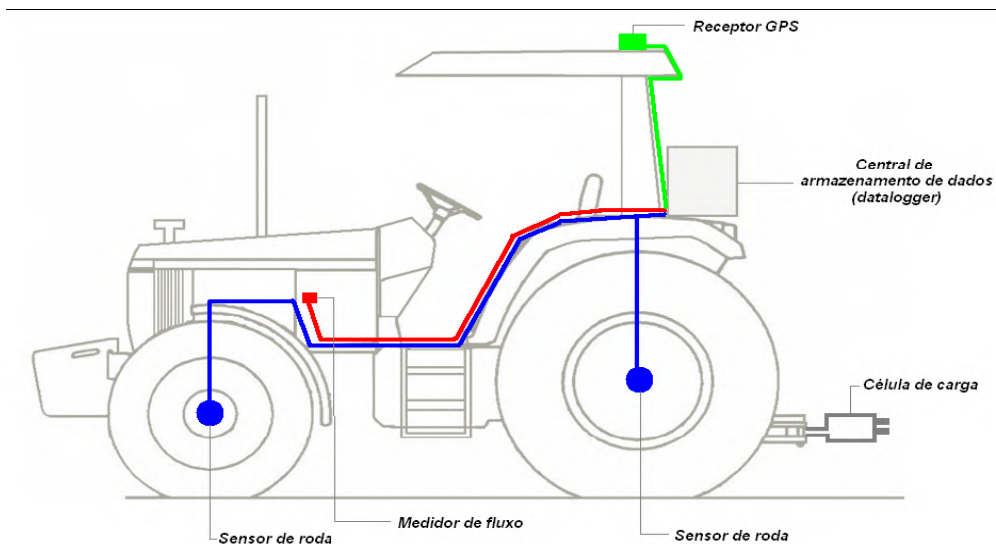


Figura 12- Disposição dos equipamentos eletrônicos no trator (Russini, 2009)

5.11. Aquisição de dados

5.11.1 Datalogger

Um datalogger (registrador de dados) é um gravador de dados eletrônicos, que armazena os dados de sensores em um intervalo de tempo pré-definido ou conforme uma lógica de programação interna ou ainda conforme um comando externo. De maneira geral, o datalogger utiliza um circuito eletrônico baseado em um microprocessador para controle e memórias de armazenamento não voláteis para armazenamento de dados. Geralmente são pequenos e alimentados por baterias. Através de portas de comunicação é possível fazer a aquisição dos dados armazenados para um computador.

A concepção dos dados tinha as seguintes características:

- Trator instrumentado;
- O Datalogger armazenava todos os dados captados pelos equipamentos eletrônicos instalados ao trator;
- O receptor de GPS fornecia a velocidade e as coordenadas (latitude e longitude), além da data e hora;
- O medidor de fluxo indicava a exata quantidade de combustível, consumido durante o funcionamento da máquina;
- A célula de carga fornecia o valor da força de tração demandada pelo implemento;

- Todos os sensores funcionaram simultaneamente, permitindo em uma etapa posterior, fazer correlações dos valores encontrados.

O equipamento utilizado foi um datalogger da marca Campbell Scientific, modelo CR 1000. Os softwares utilizados para a programação do datalogger foram:

- PC200W Versão 3.2.0.5.
- Device Configuration Utility Versão 1.5.1.22Versão 2.5.2.0.
- View32 Versão 3.7.2.2.
- Editor de texto como o Bloco de notas que acompanha o Microsoft Windows

Na Figura 13 pode ser visualizado o datalogger utilizado no trator teste.

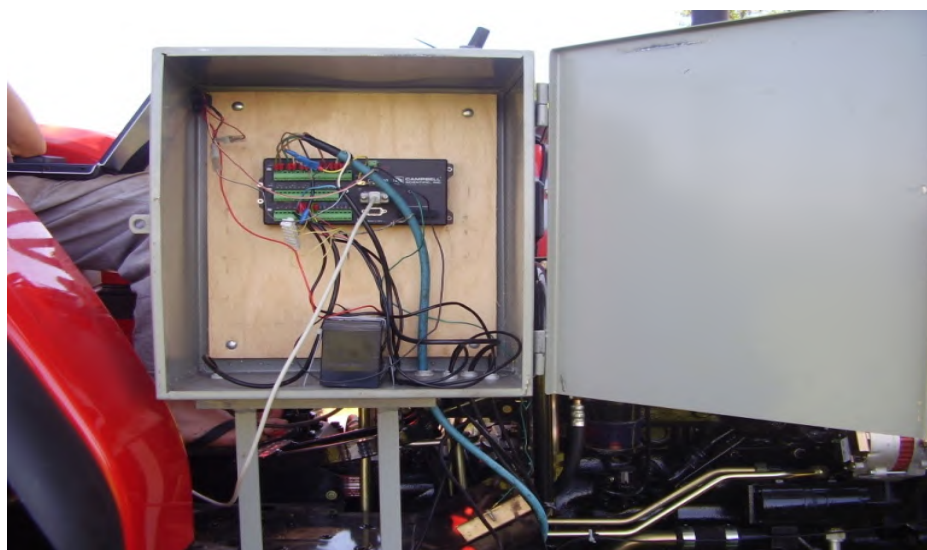


Figura 13 – Datalogger utilizado no trator teste

5.12. Determinações

5.12.1 Sensores para medida da rotação das rodas motrizes

Foram confeccionadas quatro engrenagens com 32 dentes cada, como pode ser observado na Figura 14, as quais foram fixadas pelo lado de fora do aro dos pneus através de suportes. Cada engrenagem possuía um sensor de proximidade indutivo, onde os dentes ao passarem pelo sensor conforme a rotação, indicavam uma frequência.

A rotação das rodas motrizes foi necessária para determinar a velocidade real da roda durante as operações de campo, dado esse, fundamental na determinação do patinamento.

Obtêm-se a velocidade real da roda através da seguinte equação:

$$V_{\text{roda}} = (\text{Freq} \times \text{Per} \times 3,6) / n \quad (1)$$

Onde:

V_{roda} = velocidade da roda em Km/h

Freq = frequência captada pelo sensor

Per = perímetro da roda em metros

n = número de dentes da engrenagem



Figura 14 – Sensor e engrenagem na roda do trator teste

5.12.2. Medida da velocidade do trator

A velocidade foi determinada através da instalação de um GPS da Marca Garmim, modelo GPSmap 60CS no trator (Figura 15), que obtinha instantaneamente o valor da velocidade de deslocamento.



Figura 15 – GPS instalado no trator teste

5.12.3. Medida do patinamento das rodas motrizes

A patinagem média (S) é obtida por:

$$S = [1 - (V_r / V_t)] \times 100 \quad (2)$$

Onde:

V_r = velocidade média obtida pelo receptor de GPS em Km/h

V_t = velocidade média da roda medida em Km/h, obtida pela equação (1)

5.12.4. Determinação da força de tração

A força de tração foi medida com auxílio de uma célula de carga devidamente calibrada de 5 toneladas da marca Alfa modelo 5T (Figura 16), com capacidade compatível com a potência do trator. Esta célula de carga foi acondicionada dentro de uma barra de tração retrátil, desenvolvida por Russini (2009), que não permitia a ocorrência de forças que pudessem interferir no valor a ser determinado, além de servir como proteção a própria célula de carga.



Figura 16 – Barra de tração retrátil com a célula de carga

5.12.5. Determinação do consumo de combustível

Para medida do consumo de combustível foi utilizado um fluxômetro da marca Oval M-III model LSF 41 (Figura 17), o qual era composto por duas engrenagens, onde uma delas possuía um ímã que sensibilizava um sensor indutivo a cada volta (1 mL de volume deslocado) gerando um pulso, o qual era armazenado no datalogger.



Figura 17 – Fluxômetro para medida do consumo de combustível do trator teste

5.12.6. Determinação da potência na barra de tração

A potência média na barra de tração foi determinada de forma indireta, utilizando-se da seguinte equação:

$$PB = FT V \quad (3)$$

em que,

PB – potência na barra de tração, KW;

FT – força média de tração na barra, KN, e

V – velocidade real de deslocamento, m s⁻¹.

5.12.7. Perfil do solo mobilizado

Para se obter o perfil de solo mobilizado fez-se uso de um perfilômetro, constituído de 31 varetas de alumínio, com diâmetro de 1,5 cm e altura de 1,0 m, eqüidistantes 5 cm, sobre superfície graduada de 0,5 cm.

Montou-se o perfilômetro sobre uma base previamente nivelada antes do trabalho dos implementos, para obter o perfil natural e após a passagem dos implementos para se obter o perfil de elevação.

O cálculo do perfil do solo mobilizado foi obtido pela diferença das cotas observadas antes do preparo do solo e as cotas registradas após o ensaio no perfil, utilizando-se as seguintes equações:

$$A = h.L \quad (\text{cm}^2) \quad (4)$$

$$h = [(I1-f1)+(I2-f2)+...(In-fn)] / N \quad (5)$$

Onde:

A= volume do perfil mobilizado (cm²)

h= altura média das hastes (cm)

L= largura de trabalho do implemento (cm)

I= altura da haste do perfilômetro no perfil mobilizado (cm)

f= altura da haste do perfilômetro no não perfil mobilizado (cm)

N= número de hastes

5.12.8. Capacidade de campo efetiva

Para os cálculos da capacidade efetiva de campo (C_{ef}) do arado de discos e da grade agrícola utilizou-se a mesma equação adotada por diversos autores, ASAE (1999), Cañavate; Hernanz (1989), Correa (1967), Folle; Franz (1990), Leite (1972), Mantovani (1987), Witney (1988) e Molin; Milan (2002):

$$C_{ef} = V \times L \times e / 10 \quad (6)$$

onde:

C_{ef} - capacidade efetiva de campo ha h⁻¹

V - velocidade de operação em, Km h⁻¹

L - largura de trabalho da máquina, m

10 - constante

e - eficiência de campo, expressa em decimal

Para os cálculos da capacidade efetiva de campo (C_{ef}) do escarificador utilizou-se a equação sugerida por Rípoli et al (2005).

$$C_o = V \times L \times E_f \quad (7)$$

V - velocidade de operação em, km h⁻¹

L - largura de trabalho da máquina, m , (A largura de trabalho é obtida pela mutiplicação do número de hastes pelo espaçamento entre elas).

e - eficiência de campo, expressa em decimal

Para a eficiência de campo dos implementos foi adotado os dados da ASAE (1996).

5.13. Produtividade

A análise da produtividade foi realizada de acordo com Böck (2002) onde se utilizou todos os frutos comercializáveis da área útil da parcela.

A colheita foi realizada manualmente quando os frutos atingiam o ponto de maturação, ou seja, secamento da gavinha mais próxima ao fruto e do pedúnculo e a mudança de coloração dos frutos, principalmente na parte apoiada no chão, passando de branco a amarelo-claro.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Fatores operacionais do trator tracionando escarificador

Na tabela 1 estão contidos os valores para força de tração, potência demandada na barra de tração, patinamento dos rodados, velocidade de deslocamento e consumo de combustível em função do número de hastes de escarificação no preparo do solo para implantação da cultura da melancia.

Tabela 1 – Força de tração, potência demandada na barra de tração, patinamento dos rodados, velocidade de deslocamento e consumo de combustível em função do número de hastes de escarificação no preparo do solo para implantação da cultura da melancia, Santa Maria, RS, 2010.

Tratamentos	Força de Tração	Potência demandada na Barra de Tração	Patinamento dos Rodados	Velocidade de Deslocamento	Consumo de Combustível
	(KN)	(KW)	(%)	(Km h ⁻¹)	(L h ⁻¹)
PDE1H	15,85 C	14,50 B	8,51 A	3,43 A	8,66 B
PDE2H	17,28 BC	16,70 AB	9,41 A	3,37 A	9,23 AB
PDE3H	23,30 A	20,97 A	13,47 A	3,28 A	10,19 AB
PDE4H	22,10 AB	19,30 A	14,17 A	2,64 B	10,23 AB
PDE5H	25,73 A	21,10 A	15,03 A	2,36 B	10,58 A
Teste F	5,43 *	3,26 *	3,26 ns	3,26 *	5,41 *
C V (%)	12,01	11,68	33,11	7,13	8,26

PDE1H Plantio direto com uma haste de escarificação

PDE2H Plantio direto com duas hastes de escarificação

PDE3H Plantio direto com três hastes de escarificação

PDE4H Plantio direto com quatro hastes de escarificação

PDE5H Plantio direto com cinco hastes de escarificação

Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*: significativo a 5% pelo teste F.

ns: não significativo a 5% pelo teste

6.1.1. Força de tração

Comparando os tipos de preparo de solo em função do número de hastes de escarificação pode ser verificado que a variação da força de tração foi significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 1).

Houve um aumento na força de tração à medida que se aumentou a quantidade de hastes de escarificação. Estes resultados concordam com Lanças (1988), que avaliou o desempenho de um subsolador em função de formas geométricas de hastes, tipos de ponteiros e número de hastes. Para o PDE1H a força de tração foi de 15,85 KN, que foi o menor valor observado. A média para o PDE5H foi de 25,75 KN (apresentando o maior valor). Desta forma observa-se que a utilização do tratamento PDE5H aumentou a força de tração em 62,4% em relação a PDE1H.

Os valores de força de tração para os tratamentos PDE4H e PDE3H apresentaram valores muito próximos, o que pode ser explicado levando-se em consideração que as variações nos valores da força de tração sofrem interferências diretas das condições de solo, que mudam dentro da mesma área, oferecendo uma maior ou menor resistência aos órgãos ativos do escarificador.

A força de tração em um trator agrícola é, talvez, o parâmetro mais expressivo para caracterizar a capacidade de tração do veículo (CORRÊA et al., 1995). De acordo com Reis et al. (2005) a força de tração resultante da passagem de uma ferramenta pelo solo não é constante. O fenômeno surge quando as componentes verticais e horizontais de resistência do solo aumentam rapidamente, em decorrência do deslocamento da ferramenta, até que o solo se rompa e a resistência baixe a valores mínimos. O processo recomeça tão logo a haste atinja uma nova porção do solo não movimentado.

As necessidades de tração dos implementos agrícolas são dependentes de variáveis como solo e o próprio implemento. Dentro da variável solo, destacam-se a distribuição do tamanho de agregados, a textura, a estrutura, a densidade do solo e os efeitos da declividade, da vegetação e dos resíduos de culturas anteriores (ASAE, 1996).

O teste de médias (Tabela 1) indica que para a variável força de tração os tratamentos PDE3H e PDE5H não diferiram entre si. O tratamento PDE4H não diferiu dos tratamentos anteriormente citados, este não diferiu também do PDE2H, onde este último mostrou-se semelhante ao tratamento PDE1H. O coeficiente de variação para esta variável foi de 12,01%.

Na Figura 18 encontra-se a variável força de tração versus consumo de combustível para o trator tracionando o escarificador nos tratamentos PDE1H, PDE2H, PDE3H, PDE4H e

PDE5H. Pode ser verificado (Figura 18) que os maiores valores de força de tração corresponderam aos maiores valores do consumo de combustível. O coeficiente de determinação foi de 0,957, indicando um bom ajustamento das médias dos tratamentos ao modelo.

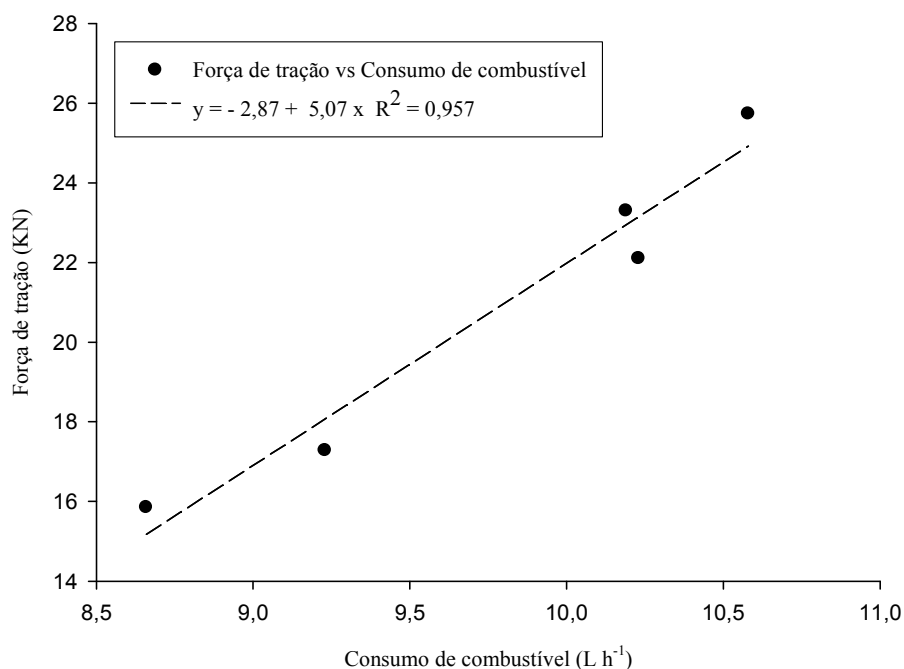


Figura 18 – Força de tração e consumo de combustível em plantio direto escarificado.

6.1.2. Potência demandada na barra de tração

Analisando a Tabela 1 em relação aos dados da variável potência demandada na barra de tração, observa-se que houve efeitos entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Percebe-se também que a potência demandada na barra de tração aumentou à medida que se aumentou o número de hastes de escarificação até o tratamento PDE3H, acompanhando a mesma tendência da força de tração, onde no tratamento PDE4H verifica-se uma diminuição da potência, ocorrendo um posterior aumento nos valores médios apresentados no tratamento PDE5H. Tendo como valores mínimos 14,50 KW e máximos de 21,10 KW nos tratamentos PDE1H e PDE5H, respectivamente. Os resultados encontrados nesta pesquisa concordam com os de Lanças (1988), que afirma que o maior número de hastes exige uma demandada potência na barra altamente superior.

A força de tração necessária é o principal fator a ser considerado para o cálculo da potência nominal que um trator deverá ter no motor, para tracionar determinado implemento (PACHECO, 2000). Sabendo-se que a demanda de potência é uma relação direta entre a força de tração e a velocidade, constatou-se neste experimento que a exigência de demanda da potência na barra de tração foi maior com o aumento da força de tração, mesmo com menor velocidade.

De acordo com Fornstron; Becker (1977), a demanda de potência na operação de escarificação ou subsolagem sofre influência de inúmeras variáveis, pois verificaram grande variação na demanda de força de tração para os mesmos implementos em um mesmo solo.

O teste de médias (Tabela 1) indica que para a variável demanda de potência na barra de tração nos tratamentos PDE3H, PDE4H e PDE5H não diferiram entre si, porém, diferiram dos tratamentos PDE1H e PDE2H, não diferindo estes entre si. O coeficiente de variação para esta variável foi de 11,68%.

Na Figura 19 encontra-se a variável demanda de potência na barra de tração versus consumo de combustível, para o trator tracionando o escarificador nos tratamentos PDE1H, PDE2H, PDE3H, PDE4H e PDE5H. Como indicado na Figura 19 os maiores valores de potência na barra de tração corresponderam aos maiores valores do consumo de combustível seguindo a mesma tendência da força de tração. O coeficiente de determinação foi de 0,947, indicando um bom ajustamento das médias dos tratamentos ao modelo.

Wiedman; Bandy (1986) usaram um sistema de monitoramento em trator para avaliar os requerimentos de potência do equipamento e o consumo de combustível em sistemas de preparo do solo tradicional e reduzido. Os dados indicaram uma economia de 27% na potência e de 35% no consumo de combustível para o preparo reduzido em comparação ao tradicional.

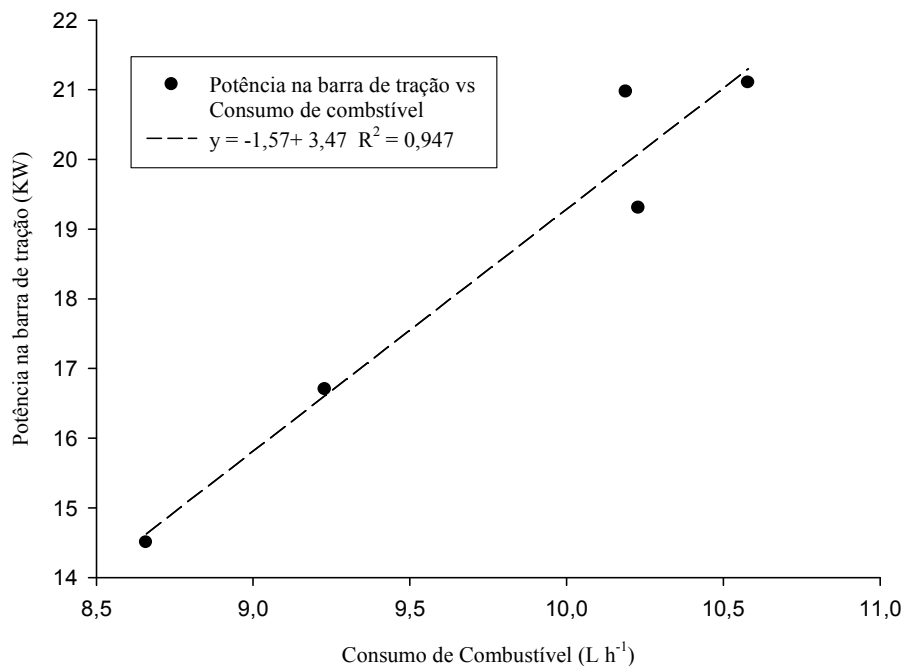


Figura 19 – Potência na barra de tração e consumo de combustível no plantio direto escarificado.

6.1.3. Patinação dos rodados

Verifica-se que em relação ao fator patinação dos rodados não houve diferença estatística entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 1), no entanto, percebe-se que há uma tendência de aumento na variável com o aumento do número de hastes de escarificação, resultados que concordam com estudos de Lanças (1988). Os valores médios mínimos (8,51%) e máximos (15,03%) foram obtidos pelos tratamentos PDE1H e PDE5H, respectivamente, que seguiram as mesmas tendências das variáveis força de tração e potência na barra de tração.

Segundo Mahl (2006), a palhada na superfície do solo dificulta a aderência dos rodados do trator ao solo, podendo aumentar a patinação dos mesmos, causando por consequência aumento significativo da demanda de força de tração e potência requeridos na barra.

Gabriel Filho et al., (2002) avaliando o desempenho operacional de um trator agrícola em área com diferentes tipos de cobertura vegetal, concluíram que a maior quantidade de matéria seca na superfície do solo aumenta os índices de patinação e, por isso, diminui a eficiência de tração. Esse fato pode ser explicado devido à tração ser resultado da interação

entre o rodado e a superfície em questão. Neste mesmo sentido, Gabriel Filho et al. (2004), afirmam que em áreas onde existe cobertura vegetal, há alteração na interação do rodado com o solo, e a capacidade do trator em desenvolver a tração é afetada. Mesmo assim, os dados desta pesquisa encontram-se dentro dos valores indicados pela ASAE (1989), ao afirmar que para um trator operar com máxima eficiência de tração, a patinação do rodado motriz deve estar entre 8 e 10% em solos não mobilizados, 11 e 13% em solos mobilizados e 14 e 16% em solos soltos ou arenosos.

O coeficiente de variação foi de 33,11%. Apesar do valor do coeficiente de variação para esta variável estar em um patamar alto, concordam com valores encontrados em grande parte da literatura, onde os valores de coeficientes de variação referentes à patinação são elevados.

Na Figura 20, encontra-se a variável patinamento dos rodados versus consumo de combustível, para o trator tracionando o escarificador nos tratamentos PDE1H, PDE2H, PDE3H, PDE4H e PDE5H. Pode ser verificado na Figura 20, que os maiores valores de patinamento dos rodados corresponderam aos maiores valores do consumo de combustível, como já era esperado. O coeficiente de determinação foi de 0,973, seguindo uma função linear.

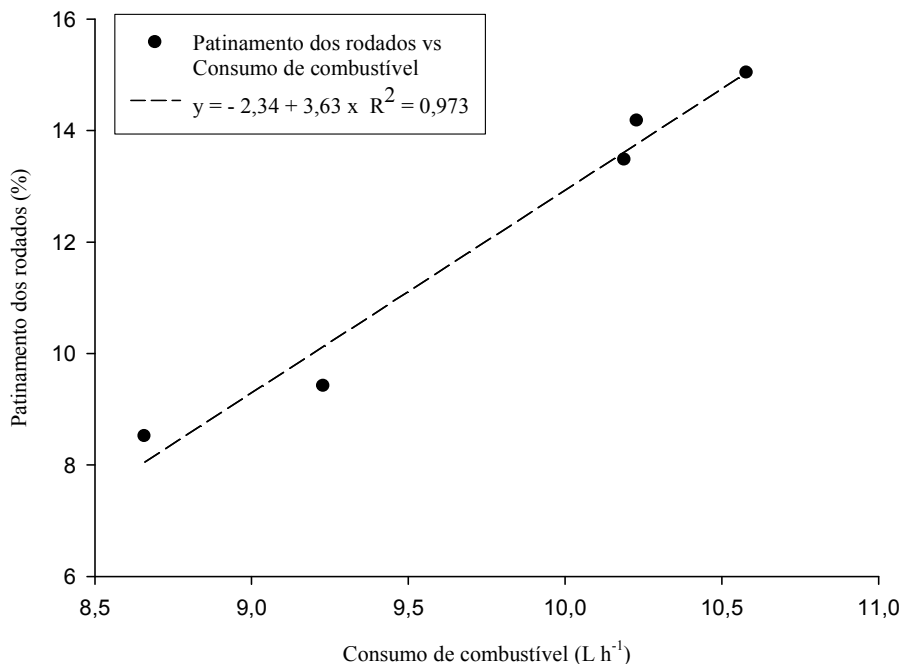


Figura 20 – Patinamento dos rodados e consumo de combustível no plantio direto escarificado

6.1.4. Velocidade de deslocamento

Durante o teste, pretendia-se que o conjunto trator-implemento se deslocasse em velocidade constante, porém durante o deslocamento do trator esta velocidade não se mantém, devido ao aumento da força de tração nos momentos de sobrecarga. Nesse momento, ocorre um decréscimo na rotação do motor, entrando na faixa de reserva de torque, conseqüentemente variando a velocidade.

O aumento do número de hastes de escarificação provocou uma diminuição da velocidade de deslocamento, com diferenças estatisticamente significativas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A variável apresentou maiores valores nos tratamentos PDE1H a PDE3H, diminuindo esses valores quando se utilizou os PDE4H e PDE5H.

Nas menores velocidades de deslocamentos do conjunto trator-implemento, observou-se um aumento na força de tração, comprovando que o aumento do esforço tratório diminui a velocidade. Resultados semelhantes também foram encontrados por Mahl (2006) e Lanças (1988).

O coeficiente de variação foi de 7,13%. O teste de médias (Tabela 1) indica que para a variável velocidade de deslocamento os três primeiros tratamentos (PDE1H, PDE2H e PDE3H) não diferiram entre si, diferindo estes dos tratamentos PDE4H e PDE5H.

Na Figura 21 encontra-se a variável velocidade de deslocamento versus consumo de combustível para o trator tracionando o escarificador nos tratamentos PDE1H, PDE2H, PDE3H, PDE4H e PDE5H. Pode ser verificado na Figura 21 que os menores valores de velocidade de deslocamento, corresponderam aos maiores valores do consumo de combustível. Isso pode ser explicado pelo fato dos menores valores de velocidade de deslocamento exigirem maiores valores de força de tração. O coeficiente de determinação foi de 0,642, seguindo uma função linear.

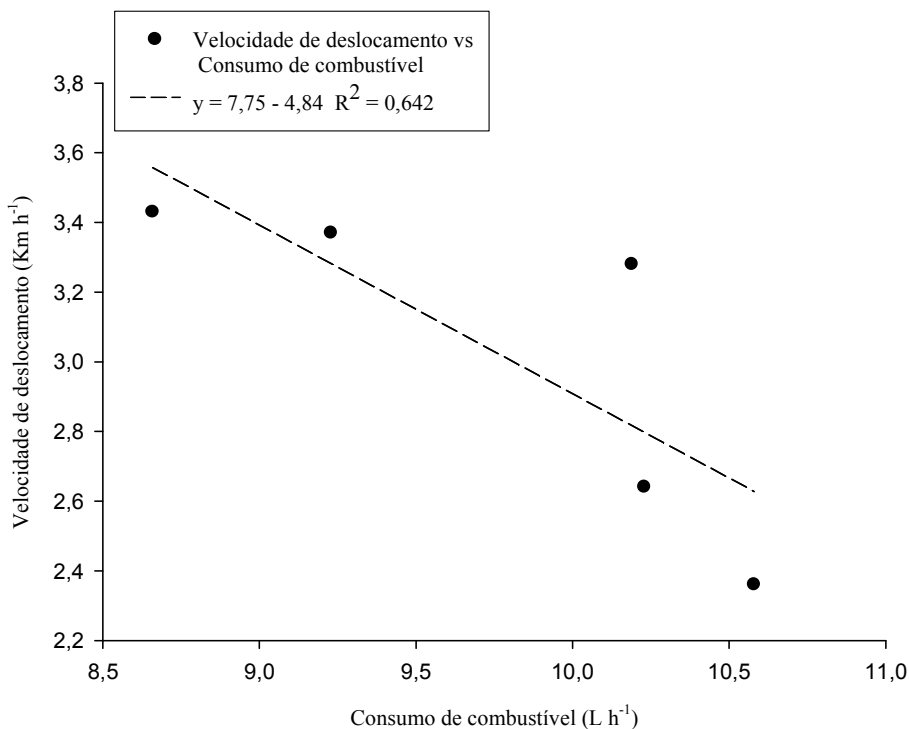


Figura 21 – Velocidade de deslocamento e consumo de combustível no plantio direto escarificado.

6.5. Consumo de combustível

De acordo com a Tabela 1, comparando os tipos de preparo de solo em função do número de hastes de escarificação, verifica-se que em relação ao consumo de combustível houve efeitos entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No PDE1H o consumo de combustível foi em média de 8,66 L h⁻¹, apresentando menores valores do que o PDE5H (10,58 L h⁻¹), onde neste último o consumo foi 22,1% maior em relação ao primeiro, mas não diferindo do consumo de combustível do PDE2H, PDE3H e PDE4H.

Os resultados demonstram que o aumento do número de hastes de escarificação apresentou tendência de aumento do consumo de combustível, indicando à medida que aumenta a demanda energética, o consumo de combustível também aumenta, resultados que concordam com Lanças (1988).

Verificou-se ainda que com o aumento da força de tração houve um aumento no consumo de combustível, isto é explicado pela maior exigência do trator na maior força de tração. O coeficiente de variação para esta variável foi de 8,26%.

6.2. Fatores operacionais do trator tracionando um arado de discos e uma grade agrícola

Foi realizado ainda para efeito de comparação (mesmo que de forma indireta) com os tratamentos PDE1H, PDE2H, PDE3H, PDE4H e PDE5H, um tratamento testemunha que consistiu do preparo convencional do solo (uma aração + duas gradagens). Tais valores para força de tração, potência demandada na barra de tração, patinamento dos rodados e velocidade de deslocamento para as operações do preparo convencional do solo, para implantação da cultura da melancia, estão contidos na Tabela 2.

Tabela 2 – Força de tração, potência demandada na barra de tração, patinamento dos rodados e velocidade de deslocamento para as operações de preparo convencional do solo (uma aração + duas gradagem), para implantação da cultura da melancia, Santa Maria, RS, 2010.

Preparo convencional do solo	Força de Tração	Potência demandada na Barra de Tração	Patinamento dos Rodados	Velocidade de Deslocamento	Consumo de Combustível
	(KN)	(KW)	(%)	(Km h ⁻¹)	(L h ⁻¹)
Aração	9,74	15,65	6,60	5,30	10,15
1º gradagem	3,79	6,72	7,50	6,38	8,51
2º gradagem	3,64	6,64	5,80	6,58	7,97

6.2.1. Força de tração

A análise dos resultados (Tabela 2) permitiu verificar que a força de tração para a operação de aração foi de 9,74 KN, o que representa quase 63% a menos de força de tração exigida no tratamento PDE1H, que apresentou o menor valor de força de tração entre os tratamentos de plantio direto escarificado e 164% a menos de força de tração exigida para tracionar o escarificador no tratamento PDE5H maior valor entre os tratamentos de plantio direto escarificado. Já para a gradagem, a força de tração foi 3,79 e 3,64 KN para a primeira e segunda gradagem, respectivamente.

6.2.2. Potência demandada na barra de tração

Analisando os resultados da Tabela 2 em relação aos dados referentes à variável potência demandada na barra de tração, verifica-se que esta variável seguiu a mesma tendência da força de tração, onde para a operação de aração, a potência demandada na barra de tração foi de 15,65 KW e de 6,72 e 6,64 KW para a primeira e segunda gradagem, respectivamente. O menor requerimento de potência demandada para gradagem pode ser explicado por ser ela um equipamento de operação complementar ao arado.

6.2.3. Patinação dos rodados

Verifica-se que os valores para o patinação dos rodados (Tabela 2), para as operações de aração e gradagem, ficaram abaixo dos valores apresentados para os tratamentos PDE1H, PDE2H, PDE3H, PDE4H e PDE5H, ficando também dentro dos valores indicados pela ASAE (1989), que indica que para um trator operar com máxima eficiência de tração, a patinação do rodado motriz deve estar entre 8 e 10% em solos não mobilizados, 11 e 13% em solos mobilizados e 14 e 16% em solos soltos ou arenosos. Os valores apresentados foram 6,60%, 7,50% e 5,80% para aração, primeira e segunda gradagem, respectivamente.

6.2.4 Velocidade de deslocamento

Da mesma forma que para os testes com os tratamentos de plantio direto escarificado (PDE1H, PDE2H, PDE3H, PDE4H e PDE5H), também se pretendia que o conjunto trator-implemento (arado de discos e grade leve) se deslocasse em velocidade constante, porém, como já explicado, durante o deslocamento do trator esta velocidade não se mantém, devido ao aumento da força de tração nos momentos de sobrecarga, ocorre um decréscimo na rotação do motor entrando na faixa de reserva de torque, conseqüentemente variando a velocidade.

Os resultados da Tabela 2 indicam que os maiores valores de velocidade de deslocamento foram obtidos para as operações de gradagem. Os valores foram 5,30; 6,38 e 6,58 km h⁻¹ para aração, primeira e segunda gradagem, respectivamente. Estes valores são maiores que os encontrados para os tratamentos PDE1H, PDE2H, PDE3H, PDE4H e PDE5H, indicando mais uma vez que menores valores médios de forças de tração apresentam maiores valores de velocidades de deslocamento.

6.2.5 Consumo de combustível

Verifica-se na Tabela 2 que o consumo de combustível para as operações de aração e gradagem foram de 10,15; 8,51; 7,97 (L h⁻¹), respectivamente, indicando que nas operações de preparo convencional do solo a aração se constitui como a de maior consumo de combustível.

6.3. Consumo de combustível

Os valores para consumo de combustível nos tratamentos PDE1H, PDE2H, PDE3H, PDE4H e PDE5H com a soma do consumo de combustível gasto para o preparo do solo no sistema convencional (uma aração + duas gradagens) estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Consumo de combustível para os tratamentos em função do número de hastes de escarificação e preparo convencional do solo, Santa Maria, RS, 2010.

Tratamentos	Consumo de Combustível (L h ⁻¹)
PDE1H	8,66 C
PDE2H	9,23 BC
PDE3H	10,19 BC
PDE4H	10,23 BC
PDE5H	10,58 B
PC	26,63 A
Teste F	5,41*
CV (%)	10,12

PDE1H Plantio direto com uma haste de escarificação
PDE2H Plantio direto com duas hastes de escarificação
PDE3H Plantio direto com três hastes de escarificação
PDE4H Plantio direto com quatro hastes de escarificação
PDE5H Plantio direto com cinco hastes de escarificação
PC Preparo convencional do solo (uma aração + duas gradagens)

O consumo de combustível dos sistemas de preparo do solo, segundo Michel Júnior et al. (1985), é dependente da seqüência de realização das operações, bem como dos implementos usados. Observações semelhantes são relatadas por Smith e Fornstron (1980) em

que as medições do consumo energético em vários implementos fornecem base para seleção dos mesmos e dos sistemas de cultivos.

Observando os resultados (Tabela 3), pode-se verificar que o consumo de combustível para o preparo convencional do solo (soma das operações de uma aração + duas gradagens) foi superior, quando comparado com os demais tratamentos de plantio direto escarificado (PDE1H, PDE2H, PDE3H, PDE4H, PDE5H). Em relação ao tratamento PDE1H o preparo convencional do solo apresentou 207,5% a mais de consumo de combustível e em relação ao PDE5H o preparo convencional foi 151,7% superior em consumo. O coeficiente de variação para esta variável foi de 10,12%.

O teste de médias (Tabela 3) indicou que o PC diferiu dos demais tratamentos. O tratamento PDE5H não diferiu dos tratamentos PDE4H, PDE3H e PDE2H, onde este último não diferiu do tratamento PDE1H.

Segundo Peche Filho et al. (2008), o investimento inicial para o preparo do solo convencional é mais baixo, mas constantemente se torna alto ao longo do tempo, pelo consumo e necessidade de manutenção de um maior número de máquinas. Bower (1986) avaliando o consumo de combustível em diferentes tipos de solo observou que o consumo para o preparo tradicional foi maior quando comparados ao cultivo mínimo.

Salvador et al. (1998), estudando o consumo de combustível em sistemas de preparo baseados em aração (discos e aivecas), gradagem (pesada e niveladora) e escarificação num Latossolo Vermelho Amarelo, concluíram que a escarificação proporcionou menor requerimento de energia que os demais sistemas de preparo periódico do solo.

Kosutic et al. (2005) avaliaram o efeito do preparo de solo na produtividade de milho e soja e concluíram que o preparo do solo, com escarificador, obteve menor requerimento energético, entre 37 e 39%, quando comparado com o preparo com uma aração e duas gradagens de nivelamento.

6.4. Volume de solo mobilizado

Na Tabela 4 são apresentados os valores referentes ao volume de solo mobilizado para os tratamentos em função do número de hastes de escarificação e preparo convencional do solo.

O tipo de preparo do solo, de acordo com a Tabela 4, influenciou significativamente no volume de solo mobilizado pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, como já era esperado,

fornecendo valores crescentes em função do aumento do número de hastes de escarificação. Fato que concorda com os resultados encontrados por Lanças (1988).

Tabela 4 – Volume de solo mobilizado para os tratamentos em função do número de hastes de escarificação e preparo convencional do solo, Santa Maria, RS, 2010.

Tratamentos	Volume de solo mobilizado (m ²)
PDE1H	0,155 F
PDE2H	0,302 E
PDE3H	0,466 D
PDE4H	0,611 C
PDE5H	0,674 B
PC	0,697 A
Teste F	5,63 *
CV (%)	16,11

PDE1H Plantio direto com uma haste de escarificação

PDE2H Plantio direto com duas hastes de escarificação

PDE3H Plantio direto com três hastes de escarificação

PDE4H Plantio direto com quatro hastes de escarificação

PDE5H Plantio direto com cinco hastes de escarificação

Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*: significativo a 5% pelo teste F.

O preparo convencional apresentou maiores valores para esta variável entre todos os tratamentos estudados, permitindo afirmar que o preparo do solo convencional (aração + gradagem) mobiliza mais o solo que preparos utilizando escarificação com até cinco hastes, desestruturando mais o solo, podendo colaborar com maiores perdas de solo por erosão. Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho Filho et al. (1999) e também por Gamero; Silva (1993), onde foi detectado maior mobilização quando se utilizou uma aração e duas gradagens e, menor com o uso do escarificador.

O sistema convencional de preparo do solo se caracteriza por intensa mobilização do solo, com revolvimento ou inversão da camada superficial e incorporação quase total dos restos culturais (CARVALHO et al., 1991 e BLEVINS; FRYE, 1993). Castro et al. (1986) evidenciam que sistemas de preparo do solo afetam de modo diferente o processo erosivo,

modificando-o de acordo com os implementos utilizados, a intensidade e o número de aplicações e a quantidade de resíduos que permanecem na superfície. Quando o solo permanece descoberto (sem resíduos na superfície), há um aquecimento excessivo, acelerando a decomposição/ mineralização da matéria orgânica e reduzindo a atividade biológica a médio e longo prazo. Em conjunto, esses fatores intensificam as perdas de solo por erosão, com o seu o conseqüente empobrecimento. Segundo Johnson et al. (1979), a maneira mais eficaz para controlar a erosão do solo é a manutenção da cobertura vegetal em superfície, o que é uma característica dos sistemas conservacionistas de manejo do solo.

Carvalho Filho et al. (2007), afirmam que o solo deve ser preparado com o mínimo de mobilização, não implicando, com isso, diminuição da profundidade de operação, mas sim redução do número de operações, deixando rugosa a superfície do solo e mantendo os resíduos culturais, total ou parcialmente, sobre a superfície, trazendo benefícios para a sustentabilidade ambiental e também, muitas vezes, maior economia.

Segundo Marques; Bertoni (1961), o efeito de maior ou menor revolvimento do solo ocasionado por tipos de preparo tem efeito significativo sobre as perdas de solo e água. Os autores verificaram que no tratamento com duas arações com arado de aiveca resultou em perda de solo de 14,6 t/ha e 5,7% da chuva anual em água escoada. Quando a aração foi subsuperficial, com arado de aiveca com relha tombadora, a perda foi de 8,6% de solo arrastado e 5,0% da chuva anual em água escoada. Esses resultados mostram que o revolvimento do solo deve ser limitado, caso contrário, aumentará a desagregação e, conseqüentemente, a erosão do solo.

Figueredo; Magalhães (1992) e Camara (2004) consideram o escarificador como um equipamento adequado para o preparo reduzido do solo, com menor revolvimento e incorporação de restos de culturas, protegendo sua superfície e melhorando a infiltração de água. Esses implementos apresentam vantagens sobre os implementos de discos pelo fato de não promoverem uma inversão da camada de solo obtendo-se, com isto, maior capacidade operacional e principalmente menor alteração da estrutura do solo. O preparo do solo com escarificador pode manter e até melhorar a parte física, por desagregar o mínimo possível a sua estrutura e preservar uma cobertura morta capaz de proteger, até certo ponto, a superfície da radiação solar e do impacto das gotas da chuva. O solo não é cortado e sim rompido nas suas linhas de fraturas naturais ou através das interfaces dos seus agregados. Assim, a mobilização feita por esses equipamentos é menos agressiva do que aquelas nas quais as lâminas cortam o solo de forma indiscriminada e contínua, como nos arados e grades, destruindo sua estruturação original (LANÇAS, 2002).

Para o PDE1H a área mobilizada foi 0,155 m² apresentando o menor valor, já o PC foi de 0,697 m², indicando assim, o maior valor, representando 349,6% a mais de área de solo mobilizada em relação ao tratamento PDE1H. O teste de médias (Tabela 4), indica que todos os tratamentos diferiram entre si. O coeficiente de variação para esta variável foi de 16,11%.

Ainda pelas Tabelas 3 e 4 é possível verificar que o consumo de combustível foi crescente à medida que se aumentou a área mobilizada de solo, evidenciando a relação direta que existe entre estas variáveis e a energia requerida para obter um desejado grau de mobilização do solo.

6.5. Capacidade de campo efetiva

Os valores para a capacidade de campo efetiva estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Capacidade de campo efetiva para os tratamentos em função do número de hastes de escarificação e para os implementos arados de discos e grade agrícola, Santa Maria, RS, 2010.

Tratamentos	Capacidade de campo efetiva
	(ha h ⁻¹)
PDE1H	0,96 D
PDE2H	1,89 C
PDE3H	2,75 B
PDE4H	2,95 AB
PDE5H	3,31 A
Arado	1,23 D
1° gradagem	1,30 D
2 ° gradagem	1,27 D
Soma PC	3,80
Teste F	3,63*
CV (%)	10,98

PDE1H Plantio direto com uma haste de escarificador

PDE2H Plantio direto com duas hastes de escarificador

PDE3H Plantio direto com três hastes de escarificador

PDE4H Plantio direto com quatro hastes de escarificador

PDE5H Plantio direto com cinco hastes de escarificador

Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*: significativo a 5% pelo teste F.

De acordo com Silveira et al. (2006), para se determinar a capacidade de trabalho de uma máquina, basta verificar o número de hectares trabalhados num determinado período de tempo, sendo esta uma observação importante devido ao tempo disponível para se preparar o solo, uma vez que isso se torna fator limitante do planejamento na utilização do maquinário agrícola. A maquinaria selecionada deve ter capacidade satisfatória para completar todas as operações dentro dos períodos críticos de tempo disponíveis.

De acordo com a Tabela 5 houve efeitos entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para capacidade efetiva de campo.

Os tratamentos PDE5H e PDE4H se mostraram semelhantes, onde este último não diferiu do tratamento PDE3H. As operações de aração, primeira e segunda gradagem não diferiram do tratamento PDE1H pelo teste de médias.

Os valores foram maiores para o PDE5H e a menor para o PDE1H com 3,31 (ha h⁻¹) e 0,96 (ha h⁻¹), porém, a soma da capacidade de campo efetiva do PC se mostrou superior (3,80ha h⁻¹) aos demais tratamentos de preparo do solo utilizando escarificador.

6.6. Fatores operacionais do trator tracionando semeadora

Na tabela 6 apresentam-se os valores para força de tração, potência demandada na barra de tração, patinamento dos rodados, velocidade de deslocamento e consumo de combustível em função do tipo de sistema de preparo do solo onde foi tracionada a semeadora.

6.6.1. Força de tração

Verifica-se que em relação à força de tração em função do tipo de sistema de preparo do solo, onde foi tracionada a semeadora, houve efeitos entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 6).

Comparando os valores da força de tração, observa-se que os menores valores médios foram encontrados quando se tracionou a semeadora sobre o solo nos tratamentos com SD com valores médios de 9,19 KN e maiores valores quando a semeadora foi tracionada sobre o SE com valor de 12,92 KN (Tabela 6). O coeficiente de variação nas condições em que os experimento se realizou foi de 6,83%.

O teste de médias (Tabela 6), indicou que nos tratamentos onde a semeadora foi tracionada sobre o solo nos tratamentos plantio direto escarificado (SE), necessitou de maior força de tração do que os tratamentos onde a semeadora foi tracionada sobre o solo preparado de modo convencional (SC) e sobre o solo no sistema de plantio direto (SD), onde estes dois últimos não diferiram entre si, estatisticamente.

Tabela 6 – Força de tração, potência demandada na barra de tração, patinamento dos rodados, velocidade de deslocamento e consumo de combustível em função do tipo de sistema de preparo do solo onde foi tracionada a semeadora, Santa Maria, RS, 2010.

Tratamentos	Força de Tração	Potência demandada na Barra de Tração	Patinamento dos Rodados	Velocidade de Deslocamento	Consumo de Combustível
	(KN)	(KW)	(%)	(Km h ⁻¹)	(L h ⁻¹)
SC	10,61 B	16,87 B	7,96 A	5,73 A	9,56 A
SE	12,92 A	19,51 A	7,57 A	5,42 A	9,11 A
SD	9,19 B	14,04 C	6,93 A	5,72 A	7,96 B
Teste F	5,14*	5,14*	5,14 ns	5,14 ns	5,14*
C V (%)	6,83	6,65	29,94	4,57	4,71

SC= Semeadora tracionada sobre solo com preparo convencional do solo (uma aração e duas gradagens)

SE= Semeadora tracionada sobre sistema de preparo de solo plantio direto escarificado

SD= Semeadora tracionada sobre solo em plantio direto

Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

*: significativo a 5% pelo teste F

ns: não significativo a 5% pelo teste F

6.6.2. Potência demandada na barra de tração

De acordo com a Tabela 6, verifica-se que houve efeitos entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para a potência demandada na barra de tração em função do tipo de sistema de preparo do solo onde foi tracionada a semeadora. Observa-se ainda que esta variável seguiu o mesmo comportamento da força de tração, onde os maiores

valores encontrados foram no tratamento onde se tracionou a semeadora sobre o solo no tratamento plantio direto escarificado (SE) (19,51 KW) e o menores valores foram encontrados quando se tracionou a semeadora sobre o solo no sistema de plantio direto (SD) (14,04 KW).

Mantovani et al. (1992), ao avaliarem a eficiência operacional de nove semeadoras-adubadoras em sistema convencional, em que três semeadoras continham duas linhas e seis semeadoras com quatro, concluíram que a demanda de potência na barra variou de 4,34 a 4,85 KW entre as semeadoras de duas e de 4,61 e 14,72 KW entre as de quatro linhas de plantio. Eles concluíram, ainda, que a demanda de potência média apresentada nos catálogos para as semeadoras estudadas foi maior, mesmo considerando os testes feitos em uma única condição de solo, com relação ao tipo e declividade.

Analisando o teste de médias (Tabela 6) observa-se que os três tratamentos diferiram entre si. O coeficiente de variação nas condições em que os experimento se realizou foi de 6,65%.

6.6.3. Patinamento dos rodados

Verifica-se que não houve efeitos entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para a variável patinamento dos rodados (Tabela 6), porém, os resultados nos indicam que os maiores valores foram apresentados pelo tratamento semeadora tracionada sobre o sistema de preparo convencional do solo (7,96%) e menores valores quando se tracionou a semeadora sobre o sistema de plantio direto (6,93%). Estes resultados concordam com o relato de Cortez et al. (2008), onde a patinagem do trator não apresentou diferença entre os sistemas de preparo do solo, concordando também com Levien et al. (1999) que constataram maior patinagem das rodas motrizes do trator na semeadura em solo arado e escarificado, comparado ao sistema plantio direto.

Os resultados encontrados nesta pesquisa encontra-se dentro do padrão da ASAE (1989) que afirma que para um trator operar com máxima eficiência de tração, a patinagem do rodado motriz deve estar entre 8 e 10% em solos não mobilizados, 11 e 13% em solos mobilizados e 14 e 16% em solos soltos ou arenosos.

O coeficiente de variação nas condições em que o experimento se realizou foi de 29,94%. A exemplo do que ocorreu com o patinamento dos rodados nos fatores operacionais do trator tracionando escarificador, nesta variável referindo-se a fatores operacionais do trator

tracionando semeadora também está em um patamar alto, porém, concordam com valores encontrados em grande parte da literatura.

6.6.4. Velocidade de deslocamento

Nagaoka; Nomura (2003) afirmam que a velocidade de semeadura tem influência direta sobre a queda e cobertura das sementes, independente do tipo e marca da semeadora. A maioria das pesquisas apontam velocidades de 5 a 7 km/h como ideal, considerando as condições da propriedade e da semeadora em uso. Em maior velocidade as semeadoras de plantio direto poderão abrir sulcos maiores, revolvendo uma faixa mais larga e a roda compactadora poderá não pressionar suficientemente.

De acordo com a Tabela 6, pode-se verificar que não houve efeitos entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, em função do tipo de sistema de preparo do solo onde foi tracionada a semeadora para a variável velocidade de deslocamento. Entretanto, os valores indicam que a semeadora tracionada sobre o solo preparado de maneira convencional (SC) e semeadora tracionada sobre o preparo do solo plantio direto escarificado (SE) foram o maior e menor, respectivamente. O coeficiente de variação nas condições em que os experimento se realizou foi de 4,57%.

6.6.5. Consumo de combustível

Verifica-se que houve efeitos entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 6), em função do tipo de sistema de preparo do solo onde foi tracionada a semeadora para o consumo de combustível. Observa-se também que o consumo de combustível foi maior quando se tracionou a semeadora sobre o solo preparado de maneira convencional (SC), com valores de 9,56 L h⁻¹ e o menor valor dessa variável foi obtido quando se tracionou a semeadora sobre o sistema de plantio direto (SD) 7,96 L h⁻¹, mostrando a vantagem deste método em relação aos demais (convencional e reduzido). Estes resultados concordam com Furlani et al. (2004) onde este observou que o consumo de combustível por hectare, foi maior no preparo convencional do que na semeadura direta.

Furlani (2000) constatou que o consumo de combustível pode ser diretamente afetado pelo sistema de preparo do solo utilizado e, nesse sentido, avaliando uma semeadora de seis linhas para feijão, obteve maior consumo de combustível por área trabalhada em solo

escarificado, seguido pelo preparo convencional e plantio direto, com valores de 9,3; 7,6; e 7,1 L ha⁻¹, respectivamente.

6.7. Produtividade

Na Tabela 7 estão contidos os valores da produtividade de melancia (frutos comercializáveis) para os tratamentos em função do número de hastes de escarificação, preparo convencional do solo e plantio direto.

Tabela 7 – Produtividade de melancia para os tratamentos em função do número de hastes de escarificação, preparo convencional do solo e plantio direto, Santa Maria, RS, 2010.

Tratamentos	Produtividade
	(t ha ⁻¹)
PDE1H	83,38 B
PDE2H	84,87 B
PDE3H	85,80 B
PDE4H	91,49 B
PDE5H	99,66 B
PC	126,48 A
PD	74,12 B
Teste F	4,01 *
C V (%)	12,29

PDE1H Plantio direto com uma haste de escarificador

PDE2H Plantio direto com duas hastes de escarificador

PDE3H Plantio direto com três hastes de escarificador

PDE4H Plantio direto com quatro hastes de escarificador

PDE5H Plantio direto com cinco hastes de escarificador

PC Preparo convencional do solo (uma aração + duas gradagens)

PD Plantio direto

Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

*: significativo a 5% pelo teste F

Dos dados da Tabela 7, observa-se que houve efeitos entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, em função do tipo de sistema de preparo do solo para a produtividade da cultura da melancia.

O sistema convencional teve a maior produtividade, 126,48 t ha⁻¹ de frutos comercializáveis de melancia, diferindo pelo teste de médias dos demais. De acordo com BERTOL et al., (2000) o sistema convencional aumenta o volume de poros dentro da camada preparada, a permeabilidade e o armazenamento de ar e facilita o crescimento das raízes das plantas nessa camada (BRAUNACK; DEXTER, 1989), em relação ao sistema plantio direto e ao campo nativo.

Esses resultados concordam com Böck (2002), que trabalhando com tipos de preparo do solo no cultivo da melancia na região central do Rio Grande do Sul verificou que o maior rendimento da cultura foi observado no preparo convencional do solo, seguido do preparo convencional em faixas, entretanto, este concluiu ainda que o plantio convencional, plantio direto escarificado e plantio direto proporcionaram a mesma renda líquida ao produtor.

Os tratamentos PDE1H, PDE2H, PDE3H, PDE4H, PDE5H não diferiram entre si pelo teste de médias e apresentaram produtividade crescente com o aumento do número de hastes de escarificação, sendo 83,38; 84,87; 85,80; 91,49; 99,66 t ha⁻¹, respectivamente.

Inoue et al. (2002), afirmam que a escarificação do solo pode ser adotada para reduzir a compactação em plantio direto e, conseqüentemente, diminuir a densidade e principalmente a resistência mecânica do solo à penetração. Silva (2003) concluiu que a escarificação é uma prática agrícola que pode ser utilizada para diminuir o estado de compactação em lavouras sob plantio direto, ocasionando incremento de rendimento de grão na cultura do milho.

O plantio direto teve uma produtividade de 74,12 t ha⁻¹, portanto o menor rendimento, apresentando 70,6% a menos de produtividade do que o PC. Porém, Dickey (1983) em seu estudo mostrou que o cultivo conservacionista pode poupar pelo menos 50% do tempo de operações, mão-de-obra, e custo de combustível. Deve ser lembrado ainda que o plantio direto está implantado em área sem prévio revolvimento, com problemas físicos como densidade e resistência à penetração elevada e porosidade diminuída, contudo, considerando que a produtividade média do estado do Rio Grande do Sul no ano de 2008 foi de 25 t ha⁻¹ (IBGE, 2008), o plantio direto foi eficiente em produção.

A produtividade da melancia apresentou tendência de aumento à medida que se aumentou a mobilização do solo. Este fato mostra que a cultura é sensível ao volume de solo mobilizado no preparo do solo. Segundo Almeida, (2008) o sistema radicular da melancia é extenso, mas superficial, com um predomínio de raízes nos primeiros 60 cm do solo.

O coeficiente de variação para esta variável foi de 12,29%.

7. CONCLUSÕES

A força de tração, demanda de potência exigida na barra de tração, patinamento dos rodados e o consumo de combustível aumentaram em virtude da adição do número de hastes de escarificação na operação de preparo do solo;

Os maiores valores da força de tração, demanda de potência exigida na barra de tração, patinamento dos rodados corresponderam aos maiores consumos de combustível;

Isoladamente, a força de tração e o patinamento dos rodados, nas operações de aração e gradagem do preparo convencional, foram menores que aqueles dos tratamentos PDE1H, PDE2H, PDE3H, PDE4H e PDE5H;

O preparo convencional do solo foi superior em exigência de consumo de combustível em relação aos tratamentos plantio direto escarificado;

Quando o trator tracionou a semeadora a força de tração e a demanda de potência exigida na barra de tração foram maiores para o sistema de preparo do solo escarificado. O consumo de combustível foi menor na semeadora tracionada sobre o solo no plantio direto;

O preparo convencional apresentou maiores valores de volume de solo mobilizado do que preparos utilizando a escarificação;

O sistema convencional teve o maior rendimento de frutos comercializáveis de melancia;

A produtividade apresentou tendência de rendimento crescente com o aumento do número de hastes de escarificação e conseqüente maior mobilização do solo;

O preparo convencional do solo pode ser substituído pelo cultivo mínimo com escarificação, ou até mesmo pelo plantio direto, para o preparo do solo da cultura da melancia, indicando uma boa produtividade, com menor gasto de combustível, menor revolvimento e maior conservação do solo, sendo um caminho para sustentabilidade do cultivo dessa cultura;

8. REFERÊNCIAS

AL-JANOBI, A.A. A data-acquisition system to monitor performance of fully mounted implements. **Applied Engineering in Agriculture**, v.75, n.1, p.167-175, 2000.

ALMEIDA, D. P. F. A cultura da melancia. Porto: Universidade do Porto, 2008. Disponível em: <<http://dalmeida.com/hortnet/Melancia.pdf>>, Acesso em: 2 nov. 2008.

AMADO, T.J.C.; ELTZ, F.L.F. Plantio direto na palha – rumo à sustentabilidade agrícola nos trópicos. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v.27, n. 3, p. 49-66, 2003.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Terminology for soil-engaging components for conservation tillage planters, drills and seeders. In: _____. ASAE Standards 1996: **Standards Engineering Practices Data**, St. Joseph, 1996. p.309-14.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; et al. Calibração de sensor de capacitância para determinação do conteúdo de água em um Latossolo Amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBEA, 2006. p.81-97. CD-ROM.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; et al. Estratégias ótimas de irrigação para a cultura da melancia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.2, p.301-305, 2001.

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; et al. **Níveis de irrigação na cultura da melancia**. Teresina: Embrapa-CPAMN, 1997. 6p. Circular Técnica, 71.

ANGERS, D.A., et al. Impact of tillage practices on organic carbon and nitrogen storage in cool, humid soils of eastern Canada. **Soil Till Res**, v.41, n.6, p.191-201, 1997.

_____. **Agricultural machinery management Data** (ASAE D497.4). St. Joseph.: ASAE, 1999. p.359-66.

_____. **Agricultural Machinery management data** (ASAE S 209.5 Agricultural tractor test code). St. Joseph : ASAE,) 1989. P. 44-48.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo, SP: Monole, 1987. 307 p.

BAYER, C.; et al. Efeito de sistemas de Preparo e de Cultura na Dinâmica da Matéria Orgânica e na Mitigação das Emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, 599-607, 2000.

BELETRAME, L.F.S. Avaliação do desempenho de três subsoladores em Latossolo Vermelho Escuro. **Engenharia Agrícola**. Botucatu, SP, v.7, n.1, p. 37-52, 1983.

BERTOL, I.; et al. Distância entre terraços usando o comprimento crítico de rampa em dois preparos conservacionistas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n.2, p.417-425, 2000.

BÖCK, V. D. **Manejo do solo para a cultura da melancia** – Santa Maria. RS. 2002. 130f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

BOLLER, W.; CALDATO, D.E. Desenvolvimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes condições de cobertura e de preparo do solo. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.21, n.2, p.167-73, 2001.

BOLLER, W. **Desenvolvimento de complementos para semeadoras em solo sob preparo reduzido**. 1990. 146 f. Dissertação (Mestrado) – UFSM, Santa Maria, RS. 1990.

BURLA, E.R. **Mecanização de atividades silviculturais em relevo ondulado**. Belo Oriente: Cenibra, 2001. 144p.

BURWELL, R.E. Tillage influences water in take. **Journal of soil and water conservation**, v. 11, n. 2, p.185-86, 1968.

BURWELL, R.E.; et al. Structural alteration of soil surfaces by tillage and rainfall. **Journal of soil and water conservation**, v.2, n4, p.61-63, 1966.

BLEVINS, R. L.; FRYE, W. W. **Conservation Tillage**: an ecological approach to soil management. *advances in agronomy*, University of Kentucky, v. 51, p.33-78, 1993.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNIKZUK, L. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.2, p.369-374, 1990.

BRAUNACK, M.V.; DEXTER, A.R. Soil aggregation in the seedbed: a review. I - Properties of aggregates and beds of aggregates. **Soil Tillage Res**, v.14, n.5, p.259-279, 1989.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).

CAMARA, R. K. **Influência da escarificação do solo sob sistema plantio direto nas propriedades do solo e na cultura da soja.** 2004. 96f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2004.

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

CAMPOS, B.C.; et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.121- 126, 1995.

CAÑAVATE, J. O.; HERNANZ, J. L. **Técnica de la mecanización agraria** 3. ed. Madrid: Mundi Prensa, 1989. 643p.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de Agregação e Qualidade de Agregados de Latossolos Roxos, Submetidos a Diferentes Sistemas de Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.3, p. 99 -105, 1990.

CARVALHO FILHO, A.; et al. Mobilização de um Latossolo Vermelho Acriférrico em função de sistemas de preparo do solo. Jaboticabal, **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 3, p. 1-7, 2008.

CARVALHO FILHO, A.; et al. Métodos de preparo do solo: Alterações na rugosidade do solo. Jaboticabal, **Engenharia Agrícola**, v.27, n.1, p.229-237, 2007.

CARVALHO FILHO, A. **Levantamento detalhado e alterações de alguns atributos provocados pelo uso e manejo dos solos da Faculdade de Agronomia de Ituverava/SP.** 1999.88p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 1999.

CARVALHO, M. J. G. P. R. et al. Notas sobre a terminologia a usar em sistemas de mobilização do solo. Recife. **Revista Ciências Agrárias**, v. 14, n. 4, p. 12-19, 1991.

CASTRO FILHO, C.; et al. Tillage methods and soil and water conservation in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p.271-83, 1991.

CASTRO, O. M. **Sistemas de Preparo do Solo e Rotação de Culturas para Milho e Soja**. Relatório Técnico Anual. Campinas, IAC, 1988.

CASTRO, O. M.; et al. Sistemas de preparo do solo e disponibilidade de água. In: Simpósio sobre Manejo de Água na Agricultura, 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, p. 27-51, 1987.

CASTRO, O.M.; et al. Perdas por erosão de nutrientes vegetais na sucessão soja/trigo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V.10, n.3,p.293-297,1986.

CENTURION, J.F. & DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.3. p. 263-66, 1985.

CORREIA, I.M.; et al. Tratores agrícolas: Cálculo da patinagem das rodas motrizes. Piracicaba, **Engenharia Rural**, v.6, n.2, p.63-71, 1995.

CORRÊA, I.M.; et al. Tração dianteira auxiliar: desempenho em função do pneu dianteiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.154-6.

CORTEZ, J.W.; et al. Efeito residual do preparo do solo e velocidade de deslocamento na operação de semeadura da *Crotalaria juncea*. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.3, p.357-362, 2008.

CORRÊIA, A.A.M. Análise do custo da maquinaria agrícola – Apostila editada pela Cadeira n. 15 da ESALQ – 1967.

COMISSAO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC (Passo Fundo, RS). **Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 1995. 223 p.

COSTA, C.P; PINTO, C.A.B.P. Melhoramento de hortaliças. UDUSP. São Paulo. 209. 1977.

CLARKE, L. J. **Agricultural mechanization strategy formulation**. 1o Ed. Rome: FAO, 1997.

CRUZ, A.C.R.; et al. Atributos físicos e carbono orgânico de um latossolo vermelho sob sistema de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do solo*. Viçosa, vol.27, n.6:1.105-1.112, 2003.

DALLMEYER, A.U. **Eficiência energética e operacional de equipamentos conjugados de preparo do solo**. 1994. 157 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

DANIEL, L.A.; MARETTI, H.J. Avaliação de camada de solo compactado e análise de crescimento de plantas. In: SILVEIRA, G.M. **IV Ciclo de estudos sobre Mecanização Agrícola**. Campinas: Fundação Cargill, 1990. p.22-38.

DE MARIA, I.C.; et al. Longterm tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.51, n.2, p.71-79, 1999.

DERPSCH, R.; et al. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Londrina: Deutsche gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) Gmbh, 1991, 268p.

DERPSCH, R.; et al. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno, **Pesquisa, Agropecuária, Brasileira**, v,20, n.2, p,761-73, 1986.

DERPSCH, R. Histórico, requisitos, importância e outras considerações sobre plantio direto no Brasil. In: _____. **Semana de plantio direto no Brasil**, Fundação Cargill, Piracicaba, 1984, 12p.

DERPSCH, R.; et al. A escarificação como alternativa de preparo e conservação do solo. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DE SOLOS, **Anais...**Campinas. 1982. 24p.

DICKEY, E.C; et al. Yield comparisons between continuous no-till and tillage rotations. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.26, n.5, p.1682-6, 1983.

DRANSFELD, P.; et al. Soil to implement reaction experience with simple times at various angles of attack. **Journal of agriculture engineering research**, v. 9, n.5, p.220-234, 1965.

DWYER, M.J.; FEBO, P. Handbook of agricultural tyre performance. **Silsoe: Institut of Engineering Research**, 1987. 16 p.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de Solos**. 2ª Edição – EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro 2006. 306p.

ELTZ, F. L. F.; et al. Efeitos de Sistemas de Preparo do Solo nas Propriedades Físicas e Químicas de Um Latossolo Bruno Álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, n.;2, p. 259-267, 1989.

FALLEIRO, R. M.; et al. Influência dos Sistemas de Preparo nas Propriedades Químicas e Físicas do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n.6: 1.097-1.104, 2003.

FERGUSON, W. Same draught measurements of scarifier shares. **J. Agric. Eng. Res.** London, v2, n.1, p.194-9, 1970.

FERNANDES, B.; et al. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente na porosidade total e na distribuição dos poros, em dos solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludolf). **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.7, n.3. p. 329-33, 1983.

FIGUEIREDO, P.R.A.; MAGALHÃES, P.S.G. Otimização do desempenho de uma máquina de preparo mínimo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21., 1992, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992, p.1405-18.

FOLLE, S.; FRANZ, C. A. B. **Trator agrícola: características e fundamentos para sua seleção**. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. 1990. 24p.

FORNSTRON, K.J.; BECKER, C.G. Comparison of energy requeriments and machinery for four sumer fallow methods. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.20, n.4, p.640-2, 1977.

FURLANI, C.E.A. **Efeito do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno na cultura do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)**. 2000. 221 f. Tese (Doutorado em Agronomia /Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

FURLANI, C. E.A. et al. Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n.3, p.388-395, 2004.

FRANZ, C.A.B. **Avaliação do desempenho de pneumáticos para tratores agrícolas com diferentes níveis de desgaste**. 1988. 93f. (Dissertação Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1988.

GABRIEL FILHO, A. et al. Desempenho de um trator operando em solo com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3,p.781-789, 2004.

GABRIEL FILHO, A. et al. Desempenho operacional de trator em solo com três tipos de cobertura vegetal. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 31, 2002. Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. P. 1-4.

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

GAMERO, C.A.; LANÇAS, K.P. Ensaio & certificação das máquinas de mobilização periódica do solo. In: MIALHE, L.G. (Ed.). **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996, p.463-514.

GAMERO, C. A.; SILVA, J. G. Efeitos de ordens de gradagem e de sistemas de aração na camada mobilizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, Ilhéus, 1993. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/SBEA, 1993, p. 1536-1553.

GALETI, P. A. **Mecanização Agrícola – Preparo do Solo**. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. Campinas, 1981. 221 p.

GEE-CLOUGH, D.; et al. Tractive performance of tractor drive tires II. A comparison of radial and cross-ply carcass construction. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Silsoe, v.22, n.4, p.385-95, 1977.

GONÇALVES JLM.; et al . **Manejo de resíduos vegetais e preparo de solo**. Piracicaba: IPEF. 498 p, 2002.

GREEN, M.K.; et al. Instrumentation package for monitoring tractor performace. **Trans. ASAE**, St. Joseph, MI, p.346-55, 1985.

GREGORICH, E.G. & CARTER, M.R. (eds.). **Soil quality for crop production and ecosystem health**. Amsterdam, Elsevier, 1997. 448p.

HAYES, W.A. **Minimum tillage farming**. Brookfield, Debbie Lassier, 1982. 166 p.

IBGE, **Produção Agrícola Municipal SCP/DEPLAN**. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em 7 abr 2008. Online.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. IBRAF. Síntese da fruticultura brasileira. São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br>> Acesso em: 10 jun. 2008.

INOUE, G.H. Sistemas de preparo do solo e plantio direto no Brasil. Areia, **Agropecuária Técnica**, v.24, n.1, p. 207- 213, 2003.

INOUE, T. T.; et al. Influência da escarificação em propriedades físicas de um Latossolo vermelho distroférico após 13 anos de plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14, Cuiabá, 2002. **Anais...** Cuiabá: SBCS, 2002. CD-ROM.

JOHNSON, C.B.; et al. Effect of chisel versus moldboard plowing on soil erosion by water. Madison, SSSA, **Soil Science Society of America Journal**,v.4, n.5,p. 177-9, 1979.

JOUBERT, D. & LABUSCHAGNE, N. **Effect of Phytophthora nicotianae and soil compaction on growth of rough lemon and Troyer citrange seedlings**. Plant Protection, v.4, n.2, p. 123-128, 1998.

LABUSCHAGNE, N.; JOUBERT, D. **Profile modification as a means of soil improvement: promoting root health through deep tillage**. BIOLOGICAL Approaches to Sustainable Soil Systems. Boca Raton 205p, 2006.

LAL, R.; et al. Long term tillage and wheel traffic effects on a poorly drained mollic ochraqualf in northwest Ohio. I. Soil physical properties, root distribution and grain yield of corn and soybean. **Soil Tillage Research**, v. 14, n.3, p. 341-55, 1989.

LAMBERS, H. Growth, respiration, exudation and symbiotic associations: the fate of carbon translocated to the roots, In: **Root development and function**, Gregory, p.j, Lake, j.v and rose, D.A. Eds. Society, UK, 125-147 (1988).

LANÇAS, K.P. Subsolagem ou escarificação: mobilização do solo sem muita agressão. **Cultivar Máquinas**, v. 3, n.14, p.38-41, 2002.

LANÇAS, K.P. **Subsolador: desempenho em função de formas geométricas de hastes, tipos de ponteiros e número de hastes**. 1988. 171 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1988.

LAVELLE, P.; et al. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v.33, n. 1, p.159-193, 1997.

LEITE, H. F. **Guia de mecanização rural** - Coopercotia. São Paulo: Edecê 1972. 178p.

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

LILJEDAHN, J.B et al. Traction. In: **Traction and their power units**. Connecticut: Avi Publish Company, n.2, 1995. p.219-26.

LOPES. A. et al. Consumo de combustível de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v7, n.2, p. 382-86, jul.2003.

LUCARELLI, J.R.F.; et al. Evolução da camada compactada em diferentes tipos de preparo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997. 1 CD-ROM.

KOSUTIC, S. et al. Effects of different soil tillage systems on yield of maize, winter wheat and soybean on albic luvisol in north-west slavia. **Journal of Central European Agriculture**, v. 06, n. 03, p. 241-248, 2005.

MACHADO, A.L.T.; et al. Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais. **Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. Pelotas.Universitária, p.229, 1996.

MACHADO, J.A.; et al. Efeito de anos de cultivo convencional em propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, n.2, p.187-89, 1981.

MACHADO, J.A.; BRUM, A.C.R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.2, n.2, p.81-84, 1978.

MAGALHÃES, P.S.G. **Interação máquina-solo**. Campinas, UNICAMP, Série Manuais, 1992, p. 191-204.

MAHL, D. **Desempenho de semeadora em função de mecanismo de corte, velocidade e solos, no sistema plantio direto do milho**. 2006, 143f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

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

MAIA, J.C.S. **Influência de diferentes tipos de preparo do solo sobre as propriedades físicas e comportamento da soja (*Glycine max L. Merril*) em solo de cerrado**. 1990. 120f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1990.

MANTOVANI, E. C. et al. Automação do processo de avaliação do desempenho de tratores e implementos em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.7, p. 1241-46, 1999.

MANTOVANI, E.C. et al. Avaliação da eficiência operacional de diferentes semeadoras-adubadoras de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.3, p.1579-86, 1992.

MANTOVANI, E.C. Máquinas e implementos agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.56-63, 1987.

MARQUES, J.Q.A.; BERTONI, J. Sistemas de preparo do solo em relação à produção e à erosão. **Bragantia**, Campinas, v.20, n.4, p.403-459, 1961.

MARQUES, J. F. Custos da erosão do solo em razão dos seus efeitos internos e externos à área de produção agrícola. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 61-79, 1985.

MARQUES, J.P. et al. Desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão na semeadura de milho (*Zea mays L.*) em preparo convencional do solo e em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. 1 CD-ROM.

MARQUEZ, L. **Solotractor**. Madrid: Laboreo S.A., 1990. 231 p.

MAZUCHOWSKI, J.Z; DERPSCH, R. **Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas**, Curitiba, Acarpa, 1984, 68p.

MERTEN, G.H.; et al. Estratégias de manejo para solos de baixa aptidão agrícola da região Centro-Sul. In: MERTEN, G.H. **Manejo de solos de baixa aptidão agrícola no Centro-Sul do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1994. p.55-110.

MERTEN, G. H.; MIELNICZUK, J. Distribuição do Sistema Radicular e dos Nutrientes em Latossolo Roxo Sob Dois Sistemas de Preparo do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.3, p.369-374, 1991.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996. 22 p.

MIALHE, L.G. **Gerência de sistema tratorizado vs operação otimizada de tratores**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1991. 30 p.

MIALHE, L.G. **Manual de Mecanização Agrícola**. 1º ed. São Paulo, Ed. Econômica Ceres. 297 p, 1974.

MICHEL JÚNIOR, A.J. et al. Energy requirements of two tillage systems for irrigated sugarbeets, dry beans and corn. **Transactions of the ASAE**, v.28, n.7, p. 1731- 1735, 1985.

MIRANDA, N.O. **Alterações físicas nos solos Podzólico Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho Escuro submetido a diferentes condições de preparo reduzido**. 1986. 64f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1986.

MISSIURA, F. B. **Alterações metabólicas promovidas pela alteração *Papaya ringspot virus – type w* em plantas de melancia**. 2005. 51f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

MOLIN, J.P. MILAN, M; **Trator-implemento: dimensionamento, capacidade operacional e custo**. Piracicaba: IPEF. 498 p, 2002.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, diretoria de terras e colonizações, secção de Geografia, 1961.46p.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.3, p. 95-102, 1983.

NAGAOKA, A. K.; NOMURA, R. H. C. Tratores: semeadura. **Cultivar Máquinas**, v.3, n. 18, p. 24-26, 2003.

OKAWA, H.; et al. Custo de produção, rentabilidade e comercialização de Melancia no Estado de São Paulo, SP, 1986-1992, **Agricultura em São Paulo**, SP. v.41, n.1, p. 169-200, 1994.

OLIVEIRA, G. C. **Alterações estruturais e comportamento progressivo de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo por 20 anos no Cerrado**. 2002. 78f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

ORTIZ-CAÑAVATE, J. **Las maquinas agrícolas y su aplicación**. Madrid: Mundi-Prensa, 1980. 490 p.

PACHECO, E. P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas**. Rio Branco – AC. Embrapa Acre. Documento, 58, 2000. 21 p.

PACHECO, E. P. Sistema Plantio Direto: Uma alternativa para os produtores de grãos de Sergipe. Embrapa Tabuleiros Costeiros, CP 44, 49.025-040, Aracaju, 2008. Disponível em: <www.cpatc.embrapa.br/index.php?idpagina=artigos&artigo=1508>. Acesso em: 21 Ago. 2008.

PECHE FILHO, A.; et al. A tomada de decisão na escolha de sistemas de preparo do solo. Disponível em: <<http://www.srjundiai.com.br/cmaatec03.htm>>. Acesso em: 21 ago. 2008.

PEÇA, J.O.; et al. Tractor performance monitors optimizing tractor and implement dynamics in tillage operations – one year of field tests. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 1., 1998. Oslo. **Anais**. Oslo: AgEng, 1998.

PEÑA, Y. A., et al. Influência de Diferentes sistemas de Cultivo nas Propriedades Físicas e um Solo de Várzea Cultivado com Arroz Irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, Vol. 20, n. 3, 517-523, 1996.

PIERCE, F. J.; et al. Immediate and residual effects of zone-tillage in rotation with no-tillage on soil physical properties and corn performance. **Soil e Tillage Research**, Amsterdam, v. 30, n.3, p. 149-65, 1992.

PINAZZA, A.H.. Avaliação econômica de sistemas de consórcio intercalar cana-de-açúcar/milho. **STAB. Açúcar Alcool e Subprodutos**, Piracicaba, Brasil. v.12, n.8, p.11-14.2003.

PUGLIESI, A. C.V. **Valoração econômica pelo método custo de reposição do efeito da erosão em sistemas de produção agrícola**. 2007. 179f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 549p.

QUEIRÓZ, M.A. Influência africana na melancia nordestina. 2008. Disponível em: < http://www.radiobras.gov.br/abrn/cet/artigos/2001/artigo_160201.htm >. Acesso em: 11 mar. 2008.

QUEIRÓZ, M.A.; et al. Situação atual e prioridades do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de cucurbitáceas do Nordeste brasileiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n.3, p.25-29, 1999.

RALISCH, R.; et al. Avaliação de um solo argiloso sob plantio direto de uma escarificação na evolução da resistência do solo a penetração In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, Foz do Iguaçu, 2001. **Anais...** Foz do Iguaçu: CONBEA, 2001. CD-ROM.

RANGEL, C. L.M. **Arado componentes e emprego**. Guaíba. Editora agropecuária, 1993. 79p.

RAPER, R.L.; et al. **Site-specific subsoiling benefits for cotton production**. St. Joseph: ASABE, 2005. ASAE Paper 051025.

REICOSKY, D. C., LINDSTROM, M.J. Fall tillage method: effect on short-term carbon dioxide flux from soil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 6, p. 1237–1243, 1993.

REIS, A.; et al. Caracterização do perfil patogênico de isolados de *Podosphaera xanthii* obtidos em cucurbitáceas na região Nordeste do Brasil. **Horticultura brasileira**, Brasília, DF v. 23, n.4, p. 362-370. 2005.

REIS, E. F. **Máquinas agrícolas: preparo periódico do solo**. Anápolis – GO. Universidade Estadual de Goiás – UnUCET – Engenharia Agrícola, 2004. 25 p.

REIS, E. F.; et al. Influência de mecanismos e perdas de solo no desempenho de uma semeadora-adubadora de plantio direto, **Cuban**, Havana, v. 12, n.4, p, 304-313, 2003.

RESCK, D. V. S. O plantio direto como alternativa de sistema de manejo e conservação do solo e da água na região dos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, Brasília, 1999. **Anais**. Brasília: SBCS, 1999. CD-ROM.

RIBEIRO, M de F.; MIRANDA, G. **Plantio Direto e Agricultura Familiar**. Ponta Grossa PR, p.103, 2000.

RIBEIRO, M. F. S.; et al. PROJETO PLANTIO DIRETO NO SUDOESTE DO PARANÁ: Rumo à colaboração entre técnicos e agricultores. Reunião da Rede Latino-Americana de Agricultura Conservacionista, V. **Anais ...** Florianópolis, SC, outubro de 1999.

RIPOLI, T. C.C. et al. **Manual prático do agricultor**. Piracicaba. USP/ESALQ, 2005. 192p.

ROMEIRO, A. R. **Meio Ambiente e Dinâmica de Inovações na Agricultura**, São Paulo: Annablume: FAPESP, 1998.

ROMÃO, R. L. **Dinâmica evolutiva e variabilidade de populações de melancia (*Citrullis lunatus*) em três regiões do Nordeste Brasileiro**. 1995, 71p. Dissertação (Mestrado), Esalq, USP, Piracicaba, 1995.

ROTH, C.H.; MEYER, B. Infiltrabilidade de um Latossolo Roxo Distrófico durante o período da soja sob preparo convencional, escarificação e plantio direto. Congresso brasileiro de Ciência do solo, 19. **Anais**. Curitiba, 1983. 11p.

RUSSINI, A. **Projeto, construção e teste de instrumentação eletrônica para a avaliação do desempenho de tratores agrícolas**. 2009. 142f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SAAD, O. **Máquinas e Técnicas de Preparo Inicial do Solo**. Livraria Nobel S. A 2ª Edição. São Paulo – SP, 1979. 99 p.

SALVADOR, N. et al. Requerimento energético e desagregação do solo em diferentes sistemas de preparo periódico, num Latossolo Vermelho-Amerelo. **Engenharia na Agricultura**, v.6, n.3, p.226-234, 1998.

SARAIVA, O.F.; TORRES, E. Sistemas de preparo do solo para o manejo de restos de culturas. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1., 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1999. p. 390.

SANTOS, G. R.; et al. **Manejo integrado de doenças fúngicas, bacterianas e abióticas da melancia**. Viçosa: UFV. p.62, 2005.

SANTOS, F. A.G.; LANÇAS, K.P. Influência da interação velocidade de deslocamento e teor de água no solo, na operação de subsolagem. **Energia na Agricultura**, v.8, n.4, p1-11,1993.

SECCO, D.; REINERT, D. J. Efeitos imediato e residual de escarificadores em Latossolo Vermelho-escuro sob plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 16, n.5, p. 52-61, 1997.

SIDIRAS, N.; et al. Influência de Diferentes Sistemas de Preparo do Solo na Variação da Umidade e Rendimento da Soja, em Latossolo Roxo Distrófico (Oxsol). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, n.3, p.103-106, 1983.

SILVA, V. R. da. **Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação**. 2003. 171f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

SILVA, V.R.; et al. Fatores controladores da compressibilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Arênico Típico. I- Estado inicial da compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n.4, p. 15-23, 2002.

SILVA, V.R.; et al. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.2, p.795-801, 2000.

SILVA, A. B.; et al. Mobilização do solo, erosão e produtividade de milho e feijão em um regossolo no agreste. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.299-307, 1999.

SILVA, S.L.; BENEZ, S.H. Construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e implementos agrícolas em ensaios de campo. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v.12, n.3, p. 10-18, 1997.

SILVEIRA, G. M; et al. Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo do solo, semeadura e cultivo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.220–224, 2006.

SILVEIRA, G.M. **O preparo do solo: implementos corretos**. Rio de Janeiro: Globo, 1988. 234 p.

SMUCKER, A. J.M.; ERICSON, A.E. **Anaerobic stimulation of root exudates and diseases of peãs**, plant soil, 99, 423-433 (1987).

SCHLOSSER, J.F. **Influencia del avance cinemático de las ruedas delanteras motoras en la eficiencia en tracción de los tractores agrícolas**. 1996. 234f. Tese (Doutorado) - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Madrid, 1996.

SCHLOSSER, J.F.; et al. Equalização da patinagem provocada pela diferenciação de lastros no trabalho do trator em aração a duas velocidades. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21, 1992, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola/UFSM, 1992. p. 1535-1546.

SMITH, J.A ; Fornstron, K. J. Energy requerements of selected dryland wheat cropping systems. **Tans. ASAE**. St. Joseph, 23(4): 822-825, 1980.

SRIVASTAVA, A.K.; et al. Tractor hitching, traction and testing. In: _____ **Engineering principles of agricultural machines**. 3rded. St. Joseph: American Society of Agricultural Engieers, 1996. p.117-45.

STEINKAMPF, H., **Possibilites of saving energy during tractor use**. Federal Research Center of Agriculture, Braunschwei, p.106,1981.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. p 38.

SUMMERES, H.R.; et al. Measuring implement power requeriments from tractor fuel consumption. **Transaction of the ASAE**. St Joseph, v. 29, n.1, p. 85-89. 1986.

TOKESHI , H.; et al. Control of *Sclerotinia sclerotiorum* with effective microorganisms. **Summa Phytopathologica**, v.23, n.2, p.146-154, 1997.

TORESAN, L. **Sustentabilidade e Desempenho Produtivo na Agricultura: uma abordagem multidimensional aplicada a empresas agrícolas.** 1998. 113f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

VILLA, W. **Cultura da Melancia.** Campinas: CATI, 2001. 52 p. (Boletim Técnico, 243).

WIEDEMAN, H. T.; BANDY, S.M. Implement Power requirements for reduced tillage. St. Joseph, MI, **ASAE**, 1986. 14p. (ASAE technical paper N. 86-1588).

WITNEY, B. **Choosing and using farm machines.** Singapura Longamn, 1988. 412p.

WULFSOHN, D.; et al. Tractive characteristics of radial ply and bias ply tyres in a Califórnia soil. **Journal of Therramechanics**, Great Britain, v.25, n.2, p.111-34, 1988. 8 p.

ZOZ, F. M. **Belt and tire tractive performance.** Milwaukee: Society of Automotive Engineers, 1997.

ZOZ, F. M. **Predicting tractor field performance (updated).** Winter Meeting, American Society of Agricultural Engineeres, Chicago II, 15p, Paper 87-1623, 1987.