

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESEMPENHO OPERACIONAL DE UMA MÁQUINA PARA
PREPARO REDUZIDO DO SOLO**

Felipe Thomaz da Camara
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Julho de 2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESEMPENHO OPERACIONAL DE UMA MÁQUINA PARA
PREPARO REDUZIDO DO SOLO**

Felipe Thomaz da Camara

Orientador: Prof. Dr. Afonso Lopes

Co-Orientador: Prof. Dr. Newton La Scala Júnior

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Julho de 2006

C172d

Camara, Felipe Thomaz da
Desempenho operacional de uma máquina para preparo reduzido do
solo / Felipe Thomaz da Camara. -- Jaboticabal, 2006
x, 52 f.: il.; 28 cm

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2006
Orientador: Afonso Lopes
Banca examinadora: Casimiro Dias Gadanha Júnior, Rouverson
Pereira da Silva
Bibliografia

1. Ensaio de trator. 2. Consumo de combustível. 3. Cobertura do
solo. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 631.372

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Felipe Thomaz da Camara, filho de Olívio Paulinetti da Camara e Rosicler Thomaz, nasceu em Araraquara, São Paulo, no dia 5 de maio de 1981.

Cursou o primeiro grau em Araraquara e o segundo grau em Jaboticabal - SP.

Em 2000, iniciou o curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Estadual Paulista - UNESP, Câmpus de Jaboticabal – SP, concluindo-o em março de 2005.

Em março de 2005, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Ciência do Solo, na Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, concluindo-o em julho de 2006.

Durante a vida acadêmica, desempenhou funções, tais como: Bolsista de iniciação científica (FAPESP) por dois anos consecutivos, desenvolvendo projeto de pesquisa intitulado “Desempenho de tratores agrícolas com biodiesel”.

Em julho de 2006, iniciou o curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Ciência do Solo, na Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

A Deus e nosso Senhor Jesus Cristo, por tudo.

Agradeço

A minha esposa: Juliana Cristina Rissi da Camara.

Homenageio

A meus pais: Olívio Paulinetti da Camara e Rosicler Thomaz

A meus sogros: Carlos Alberto Rissi e Neide Fernandez Rissi

A meus avós paternos: Jorge Burle Camara e Yone Paolineti da Camara

A meus avós maternos: Luís Thomaz (in memorian) e

Virginia Thomaz (in memorian)

Dedico

AGRADECIMENTOS

À UNESP, Câmpus de Jaboticabal, por oferecer todas as condições para minha qualificação profissional.

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

Ao amigo e padrinho de casamento Prof. Dr. Afonso Lopes, pelo apoio, amizade, orientação e companheirismo dispensado a mim durante todos estes anos.

Aos amigos do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA), Profs. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani e Dr. Rouverson Pereira da Silva, pela parceria e apoio que me fez crescer profissionalmente.

À FAPESP, pelo apoio financeiro incondicional ao Projeto Biodiesel, o que fez a diferença para que este trabalho se concretizasse.

Ao LADETEL-USP de Ribeirão Preto, aos pesquisadores Dr. Antônio Carlos Ferreira Batista e Dra. Gabriela Hurtado, e agradecimento muito especial para o Prof. Dr. Miguel Joaquim Dabdoub, Coordenador do LADETEL e Coordenador Geral do Projeto Biodiesel Brasil.

A UNIMÁQUINAS, em especial ao Sr. Onofre Ramos Júnior – Diretor Presidente, pela cessão do aerossolo para a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, Dona Míriam Rosângela Ignácio e ao Sr. Davi Aparecido Trevizolli, Secretários, ao Técnico Agrícola Aparecido Alves e Valdecir Aparício (Maranhão), pela participação efetiva durante a fase de coleta de dados, muitas vezes trabalhando fora do horário normal sem se preocupar com remuneração extra.

Aos Pós-Graduandos Danilo Grotta, Gustavo Naves, Jorge Cortez e Ana Lúcia, por todos estes ótimos anos de convivência.

Às empresas Valtra do Brasil e Coopercitrus, pela concessão dos tratores, bem como pelo apoio logístico em todas as fases do projeto em questão.

Aos Profs. do Departamento de Ciências Exatas, Dr. Newton La Scala Júnior e Dr. Gener Tadeu Pereira, pela assessoria nas análises estatísticas.

A todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
I INTRODUÇÃO	1
II REVISÃO DE LITERATURA	3
1 Preparo do solo	3
2 Cobertura do solo.....	10
3 Biodiesel.....	15
III MATERIAL E MÉTODOS	19
1 Material	19
1.1 Área experimental	19
1.2 Solo	19
1.3 Combustível	20
1.4 Aerossolo	20
1.5 Tratores.....	21
1.6 Instrumentação do trator de teste para o ensaio de desempenho	21
2 Métodos	23
2.1 Seqüência de operações.....	23
2.2 Delineamento experimental.....	23
2.3 Tratamentos	24
2.4 Metodologia para as determinações referente ao solo	26

	Página
2.4.1 Determinação da granulometria.....	26
2.4.2 Determinação da percentagem de cobertura da superfície do solo....	26
2.4.3 Determinação da massa seca na superfície do solo.....	26
2.4.4 Determinação do teor de água no solo	26
2.5 Lastragem do trator de teste	27
2.6 Uso do trator	27
2.7 Densidade do combustível	28
2.8 Procedimento experimental.....	28
2.9 Avaliações em cada tratamento	29
2.9.1 Percentagem de cobertura da superfície do solo.....	29
2.9.2 Profundidade de trabalho	29
2.9.3 Velocidade real de deslocamento	29
2.9.4 Força média na barra de tração.....	29
2.9.5 Determinação da potência na barra de tração	29
2.9.6 Capacidade de campo operacional.....	30
2.9.7 Consumo de combustível.....	31
2.9.7.1 Consumo horário	31
2.9.7.2 Consumo operacional	32
2.10 Análise estatística	32
IV RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
1 Cobertura do solo.....	35
2 Profundidade de trabalho	35
3 Velocidade de deslocamento	36
4 Capacidade de campo operacional	36
5 Força de tração e potência na barra	37
6 Consumo horário volumétrico de combustível	37

	Página
7 Consumo horário ponderal de combustível.....	37
8 Consumo operacional de combustível	38
V CONCLUSÕES.....	39
VI REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
APÊNDICE	51

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Relação e designação dos tratamentos	25
2. Síntese da análise de variância e do teste de médias para a cobertura do solo e profundidade de trabalho.	33
3. Síntese da análise de variância e do teste de médias para velocidade, força de tração, potência na barra e capacidade de campo operacional (CCO)	34
4. Síntese da análise de variância e do teste de médias para o consumo horário (volumétrico – Chv e ponderal - Chm) e operacional (CO).....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Vista geral do protótipo “Aerossolo”	20
2. Trator de teste (1) e trator de apoio (2).	21
3. Vista geral do trator instrumentado (Fonte: LOPES, 2006)	22
4. Aerossolo na condição sem lastro (1) e totalmente lastrado (2).....	24
5. Aerossolo com o ângulo (α) das seções (0° , 7° e 14°)..	24
6. Esquema de distribuição das parcelas na área experimental	25
7. Dinâmica do ensaio de desempenho	27

DESEMPENHO OPERACIONAL DE UMA MÁQUINA PARA PREPARO REDUZIDO DO SOLO

RESUMO. O desempenho operacional de máquinas e equipamentos agrícolas é de fundamental importância para o conhecimento do comportamento destes em condições de trabalho. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho operacional de um protótipo “Aerossolo”, tracionado por um trator Valtra BM100 4x2 TDA, funcionando com biodiesel na proporção B₅ (5% de biodiesel e 95% de diesel). O equipamento é de arrasto, constituído por comando hidráulico, cabeçalho com luva telescópica para regulagem longitudinal, duas seções dispostas lateralmente, contando com 28 hastes em cada uma delas, lastros de concreto, rodas de transporte e rolo destorroador. Tem como principais regulagens a adição de lastros e a variação do ângulo entre as seções. O trabalho foi conduzido no Departamento de Engenharia Rural da UNESP – Jaboticabal, em delineamento em blocos casualizados, no esquema fatorial 3 x 3, com quatro repetições. A combinação dos nove tratamentos se deu por três condições de lastragens (0; 960 e 1.307 kg) e três ângulos das seções (0º; 7º e 14º). Os resultados evidenciaram aumento no consumo de combustível relacionado à adição de lastros, bem como com o aumento do ângulo das seções.

PALAVRAS-CHAVE: cobertura do solo, consumo de combustível, força de tração, profundidade de trabalho, velocidade de deslocamento.

OPERATIONAL PERFORMANCE OF A MACHINE TO REDUCED TILLAGE OF THE SOIL

ABSTRACT. The operational performance of tractors and its machinery is of great importance for the knowledge of the equipment especially in work conditions. The present work aimed to evaluate the operational performance of an “Aerossolo” prototype being pulled with a Valtra BM100 4x2 TDA, running with biodiesel in a B5 ratio (5% of Biodiesel and 95% of diesel). The prototype equipment is of the drag type, commanded hydraulically, with telescopic heading for longitudinal adjustment, two lateral sections with 28 knives in each one of them, concrete ballasts, wheels of transport and aggregate breaker coil. The two main regulations of the equipment consist in the ballast addition and the angle variation between sections. The work was conducted in the Department of Agricultural Engineering of UNESP, Jaboticabal, in causality delineation block-type, factorial 3 x 3, with four repetitions. The nine studied treatments were a combination for three ballast conditions (0; 960 and 1307 kg) and three angles of the sections (0°; 7° and 14°). The results showed an increase in the fuel consumption in relation to the ballast as well as to the angle between lateral sections.

KEYWORDS: soil coverage, fuel consumption, traction force, working depth, displacement speed.

I INTRODUÇÃO

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 denotam-se pela necessidade do desenvolvimento de novos equipamentos agrícolas. Ressalta-se, também, que os atrativos dessas inovações se relacionam com o menor consumo de combustível do trator e maior desempenho operacional, mantendo ou melhorando a qualidade das operações.

Nesse contexto, as operações de preparo do solo assumem grande importância, pois interferem diretamente nas características físicas do solo, promovendo a desagregação e conseqüente erosão quando realizadas sem critérios ou por equipamentos inadequados.

Considerando-se a exigência energética, evidenciada pela potência exigida na barra de tração e pelo consumo de combustível, é de fundamental importância explorar ao máximo as regulagens oferecidas pelos equipamentos. Porém, a interferência humana nos equipamentos agrícolas já desenvolvidos e em uso na agricultura é limitada, sendo relevante a avaliação de novos equipamentos mais eficientes no aproveitamento da energia do trator, bem como aqueles que causam menor desestruturação do solo.

Os sistemas de preparo do solo utilizados atualmente são divididos em convencional e conservacionista, sendo o convencional dividido em preparo primário do solo, realizado por arados e grades aradoras, e preparo secundário, realizado por grades niveladoras, que têm a função de reduzir os torrões formados pelo preparo primário, deixando o solo nivelado para a semeadura. Com relação ao sistema conservacionista, existem o preparo reduzido e o plantio direto, em que o controle da erosão é maior devido ao menor número de operações e maior quantidade de cobertura morta sobre o solo.

O aerossolo é um equipamento desenvolvido inicialmente para pastagens degradadas, porém este trabalho avaliou o desempenho do mesmo atuando como sistema de preparo reduzido, pois realiza a mobilização e o nivelamento do solo com

uma única operação. Pressupõem-se que a adição de lastros no equipamento, bem como o aumento no ângulo das seções aumenta a profundidade de trabalho, a força e a potência exigida na barra de tração, o consumo de combustível e que reduza a cobertura do solo. Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho operacional de um protótipo “Aerossolo”, tracionado por trator agrícola, funcionando com Biodiesel na proporção B₅ (5% de Biodiesel e 95% de diesel).

II REVISÃO DE LITERATURA

1 Preparo do solo

A escolha de um sistema de preparo é extremamente difícil, principalmente devido às variações dos diversos tipos de solos, teores de água, coberturas vegetais sobre a superfície, culturas a serem implantadas, níveis tecnológicos e método de conservação, dentre outras variáveis (FURLANI, 2000).

A mecanização agrícola é um importante componente na maioria das estratégias de desenvolvimento rural e no aumento da produtividade da mão-de-obra. No entanto, sua introdução maciça, sem qualquer adaptação prévia, aos diferentes tipos de solos, pode ocasionar rápida e contínua degradação desse recurso natural (SIQUEIRA, 1999).

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

HADAS et al. (1985) citam que o preparo do solo tem como finalidade a mobilização, destorroamento, controle de plantas daninhas, incorporação de restos vegetais, corretivos e agrotóxicos, proporcionando, assim, condições favoráveis para a semeadura, cultivos, adubação e também compactação desejável para o desenvolvimento radicular das plantas.

HAKANSON (1994) afirma que o preparo do solo é um dos componentes mais importantes do custo de produção e influencia a maioria das propriedades físicas e químicas do solo, afeta os processos biológicos e condiciona o estabelecimento e a produção das plantas cultivadas.

As operações de preparo do solo estão entre as técnicas que freqüentemente melhoram as produções das culturas, mas devem ser adaptadas às condições específicas para um distinto sistema de produção. MORAES & BENEZ (1996)

observam que grande número de máquinas e implementos agrícolas destinados à operação de preparo do solo foram e continuam sendo desenvolvidos, porém as utilizações desses equipamentos podem criar condições físicas no solo adversas ao desenvolvimento das culturas, como é o caso da compactação.

Apesar de propiciar condições favoráveis ao crescimento e produção das plantas, o preparo intensivo do solo e a movimentação de veículos e máquinas, geralmente bastante pesados, ao longo da instalação das culturas, têm contribuído para a formação de camadas compactadas do solo que, segundo GAULTNEY (1982), constituem-se em fator negativo à produtividade agrícola.

As operações de preparo do solo atuam diretamente nos aspectos físicos deste e, como tais, devem ser adequadas às características e condições do solo. O problema reside no fato de que muitas vezes os trabalhos no solo são feitos com o objetivo de facilitar ações subseqüentes, como propiciar bom ambiente às sementes, ou ainda facilitar as ações dos equipamentos, e não ao melhor condicionamento do mesmo (RALISCH, 1995).

Um outro aspecto importante a ser considerado pelos agricultores é o preparo inadequado do solo, que pode contribuir significativamente para a sua erosão. LARSON & OSBORNE (1982) relatam que as pesquisas e ensaios de campo têm mostrado ser o preparo do solo um dos maiores responsáveis pela sua deterioração, sendo a erosão, pela ação do vento e da chuva, uma das suas mais graves conseqüências.

SALVADOR (1992) afirma que raramente o preparo do solo é efetuado com base em um estudo objetivo e que as justificativas normalmente empregadas são: controle de plantas daninhas, manejo de resíduos vegetais, bom preparo do leito de semeadura, modificação da microtopografia do terreno, auxílio no controle de doenças, incorporação de fertilizantes e corretivos, facilidade no desenvolvimento do sistema radicular de plantas, auxílio no controle de erosão, controle da elevação da temperatura do solo, rompimento de horizontes compactados e melhoria das condições físicas do solo.

VIEIRA (1997) afirma que o manejo das condições físicas do solo tem como razões prover um bom ambiente de desenvolvimento para a cultura e incrementar a

infiltração da água no solo, minimizando a erosão, onde superfícies de solo cobertas, em que não há desagregação do solo pelo impacto das gotas de chuva e a capacidade de transporte é limitada pela redução da velocidade de escoamento, as perdas de solo têm sido menores, a despeito de, em muitos casos, ocorrerem menores taxas de infiltração.

Os equipamentos desenvolvidos para o preparo do solo devem proporcionar condições para o bom desempenho das semeadoras-adubadoras. Para tanto, o solo deve estar nivelado e com porosidade que permita sustentar os rodados dos tratores e o bom desempenho dos mecanismos das semeadoras. Isto, porém, não significa que o solo deva estar totalmente pulverizado e sem a presença de restos vegetais picados. A proposta conservacionista recomenda a presença de quantidade razoável de cobertura vegetal e mínima mobilização do solo, mantendo o máximo possível de sua estrutura natural (PEIXOTO et al., 1997).

Segundo FREIRE (1972) a agregação do solo e, conseqüentemente, todas as demais propriedades por ela modificadas, estão sujeitas a alterações devido a fenômenos naturais e principalmente aos sistemas de preparo a que o solo estiver submetido. GROHMANN & ARRUDA (1961) citam a influência do preparo durante 12 anos sobre a estrutura da Terra Roxa Legítima, concluindo que o intenso trabalho mecânico do solo diminuiu o diâmetro médio geométrico dos agregados. Os autores recomendam que, do ponto de vista da estrutura, os preparos que trabalham o solo mais intensamente são os menos indicados.

O preparo periódico representa um conjunto de operações de movimentação do solo com a finalidade de proporcionar condições favoráveis para o desenvolvimento das culturas. A ASAE (1982) define operação de preparo como sendo a manipulação mecânica do solo pela ação dos órgãos ativos dos equipamentos, com o objetivo de fornecer condições mínimas necessárias para o desenvolvimento e a produção das culturas. Segundo BALASTREIRE (1987), o preparo periódico envolve diversas operações de movimentações do solo para a instalação periódica de culturas, sendo dividido em sistema convencional e conservacionista, com o convencional dividido em primário e secundário e o conservacionista em reduzido e plantio direto. O autor cita,

também, que, desde os mais remotos tempos, essas operações têm sido realizadas a fim de oferecer às sementes que serão colocadas no solo, as condições que, teoricamente, seriam as melhores para o seu desenvolvimento.

O preparo convencional do solo com arado e grade aradora ainda é um dos sistemas mais utilizados pelos agricultores. Hoje, porém, seu uso é menor em relação às últimas décadas, entretanto ainda tem grande importância. Segundo ORTIZ-CAÑAVATE (1980), o preparo do solo pelo método convencional normalmente é realizado em duas etapas. Na primeira, mobiliza-se o solo em profundidades de até 30 cm com arados (disco ou aiveca) ou grades pesadas. Na segunda etapa, a mobilização do solo é mais superficial, geralmente em torno de 15 cm, com uma ou mais passadas de grade niveladora.

No Estado do Paraná, entende-se por preparo convencional, a aração feita com arado de discos a uma profundidade em torno de 20 ou 25 cm. Considera-se que, após o preparo com o arado, o nivelamento do solo geralmente é feito com grade leve (niveladora) em duas passadas, mesmo que, na prática, maior número de operações seja mais freqüente. Porém, o alto consumo de combustível e o baixo rendimento do trabalho do arado e a dificuldade de obter a profundidade desejada de 20 a 25 cm quando o solo está seco, dificulta a utilização desse equipamento (DERPSCH et al., 1991).

Desta forma, pode-se afirmar que, em sistemas de preparo convencional do solo, a aração é uma operação básica. Da racionalização dessa operação conjuntamente com os demais processos de produção dependerá o consumo energético, o custo do sistema e também o sucesso da cultura a ser implantada (PINHO, 1992).

O arado de disco é um equipamento que corta, eleva, inverte e esboroa as leivas de modo a deixar a face superficial do solo voltada para baixo. O movimento rotativo do disco faz com que os mesmos girem cortando o solo e a vegetação (GADANHA JÚNIOR et al., 1991). Os autores relataram que a grade leve de discos, também denominada de niveladora, é utilizada para promover a mobilização superficial do solo após a aração, destorroando e uniformizando a superfície para a operação de semeadura.

Com a crescente preocupação dos pesquisadores e agricultores em preservar os recursos naturais, principalmente o solo, torna-se necessário minimizar a mobilização do mesmo e manter quantidades razoáveis de resíduos vegetais sobre a superfície do terreno. Assim, surgem novas tecnologias, como é o caso do escarificador, que em relação ao preparo convencional desagrega menos o solo e mantém maior quantidade de resíduos vegetais na superfície (FURLANI, 2000).

Um tipo de preparo do solo devidamente adaptado ao local e específico para cada cultura só poderá ser executado quando seus objetivos e metas estiverem claramente definidos. Além da eliminação das plantas daninhas e o preparo do leito de semeadura, a conservação do solo deve ser o objetivo prioritário. Estas metas deveriam ser alcançadas com um mínimo de operações de trabalho (DEPSCH et al., 1991).

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 ALLMARAS & DONDY (1985), a permanência de 30% ou 1.120 kg ha⁻¹ de resíduos vegetais na superfície do solo em épocas mais sujeitas a erosão, podem ser considerados como métodos de preparos conservacionistas. Seguindo esse mesmo raciocínio, LOPES et al. (1987) mostraram que 20% de cobertura vegetal foram suficientes para reduzir as perdas de solo ao redor de 50% em relação às perdas ocorridas em solo descoberto.

Conforme MEYER & MANNERING (1967) e AMENIYA (1977), preparo conservacionista é qualquer sistema que reduza a perda de solo e água, quando comparado com o preparo convencional. Isso significa uma superfície mais rugosa e presença de palha sobre o solo. Segundo esses autores, o preparo mínimo ou reduzido é aquele que promove maior rugosidade superficial e porosidade do solo em relação ao

convencional, o que aumenta a capacidade de armazenamento de água e reduz os riscos da formação de uma crosta superficial.

ANTUNIASSI (1990) relata que, apesar de algumas desvantagens advindas do emprego de novas técnicas, o manejo conservacionista do solo tem evoluído com rapidez no Brasil. Por outro lado SILVEIRA (1988) cita sobre a necessidade de algumas regiões substituírem os sistemas convencionais de preparo do solo por outros que provoquem menor mobilização e mantenham o máximo possível de resíduos vegetais na superfície. O autor afirma, ainda, que o escarificador é uma das alternativas viáveis.

RALISH (1995) ressalta que a importação de técnicas de manejo do solo tem trazido dificuldades de adoção pelos produtores, pois exige grande mudança de comportamento. Aliado a isso, WUNSCHE & DENARDIN (1980) sugerem que em cada área distinta a ser explorada pelo produtor rural deve ser adotado um adequado planejamento conservacionista.

FIGUEREDO & MAGALHÃES (1992) consideram o escarificador como um equipamento adequado para o preparo reduzido do solo, com menor revolvimento e incorporação de restos vegetais de culturas, protegendo sua superfície e melhorando a infiltração de água.

Com o intuito de avaliar o comportamento dos implementos de preparo do solo, tanto no sistema convencional quanto no conservacionista, vários trabalhos foram desenvolvidos, em que DALLMEYER (1994) cita que o preparo reduzido, por não inverter as leivas do solo, proporciona melhor incorporação de resíduos vegetais com menor número de operações, sendo vantajoso em relação aos sistemas convencionais em função do menor custo de preparo e redução nas perdas de solo e água. Aliado a isso, SECCO & REINERT (1997) citam também que a escarificação aumentou cerca de três a quatro vezes a rugosidade superficial, porém esta diminuiu até o momento em que ocorreu a semeadura do milho, mostrando o efeito das precipitações e da consolidação natural do solo.

No Brasil, utiliza-se o escarificador somente uma vez, ou seguido de gradagem leve, permanecendo resíduos suficientes de plantas na superfície, atingindo-se melhor controle da erosão. O escarificador tem o dobro de rendimento quanto a área

trabalhada e economia de combustível em cerca de 30% em relação ao arado. Também a conservação do solo é sensivelmente melhor quando comparada ao preparo convencional (HOOGMOED & DERPSCH, 1985, DERPSCH et al., 1991).

SARAIVA & TORRES (1999), trabalhando em área coberta 100% por restos culturais das culturas do milho, trigo e aveia, observaram que o arado de aivecas proporcionou maior incorporação de massa, seguido pelo arado de disco, grade pesada, escarificador e semeadura direta.

LUCARELLI et al. (1997), avaliando a compactação do solo em função de diferentes sistemas de preparo do solo, concluíram que os sistemas de preparo convencional, que mobilizam o solo em grau mais elevado, proporcionaram uma camada subsuperficial de solo compactado abruptamente acentuada, enquanto o sistema plantio direto, devido ao grande tráfego de máquinas agrícolas que não mobilizam o solo, apresentou valores de resistência do solo à penetração mais significativos em camadas superficiais. Por outro lado, o sistema de preparo reduzido com escarificador apresentou menores valores de resistência do solo à penetração.

Com relação ao desempenho desses equipamentos, FURLANI et al. (1999a) mediram o consumo de combustível e a capacidade de campo operacional, em operação de preparo do solo com arado de quatro discos, escarificador de sete hastes e grade niveladora de 32 discos, trabalhando com velocidade de 4,5; 2,5 e 5,5 km h⁻¹, respectivamente. Os autores concluíram que o consumo por área trabalhada foi maior para a aração com 31,5 L ha⁻¹, seguido pela escarificação com 24,4 L ha⁻¹ e pela 1^a e 2^a gradagens com 11,6 e 11,2 L ha⁻¹, respectivamente. Para a capacidade de campo operacional, o comportamento foi o inverso, pois, nesse caso, os maiores valores ocorreram para a 1^a e 2^a gradagens com 1,1 ha h⁻¹, depois escarificação com 0,6 ha h⁻¹ e aração com 0,5 ha h⁻¹.

FURLANI (2000), trabalhando com um escarificador de sete hastes, com largura de trabalho de 2,80 m, um arado reversível de quatro discos, com largura de corte de 1,3 m, e uma grade niveladora com 32 discos e largura de trabalho de 2,55 m, concluiu que o preparo convencional do solo, com uma aração e duas gradagens, para a cultura do feijão, proporcionou consumo de combustível muito superior ao do preparo reduzido,

com diferença de 20,4 L h⁻¹. O mesmo autor observou, ainda, que a força e a potência exigida na barra de tração foram maiores para a operação de escarificação, seguida pela aração e pelas gradagens, o que foi explicado em função da maior profundidade e largura de trabalho do escarificador.

LEVIEN et al. (2003) avaliaram o desempenho operacional de um escarificador com sete hastes com espaçamento entre hastes de 40 cm, com profundidade de trabalho de 17,5 cm; um arado montado de quatro discos de 760 mm (30") de diâmetro, com profundidade média de trabalho de 23,8 cm e largura de trabalho de 1,55 m e uma grade excêntrica de arrasto com 32 discos de 510 mm (20") de diâmetro, concluindo que a força média na barra de tração foi de 38,22; 18,60 e 6,22 kN e a potência média na barra de tração foi de 27,78; 22,78 e 10,1 kW para o escarificador, arado e grade, respectivamente. Os mesmos autores observaram consumo de combustível volumétrico de 14,9; 16,4 e 13,1 L h⁻¹ e consumo operacional de 20,3; 24,0 e 9,70 L ha⁻¹ para o escarificador, arado e grade, respectivamente.

MACIEL et al. (1997) avaliaram o esforço tratório requerido por quatro tipos de arados (arado de três aivecas lisas, arado de três aivecas recortadas, arado de três aivecas simétricas e arado de quatro discos esféricos com borda lisa), com área mobilizada semelhante entre os arados, e concluíram que o arado de aivecas simétricas apresentou o menor valor de velocidade de deslocamento e maior valor de força e potência exigida na barra de tração, enquanto o arado de discos esféricos com borda lisa obteve o menor valor de força e potência exigida na barra de tração do trator que, segundo os autores, foi provavelmente devido ao movimento de rotação de seus órgãos ativos, que facilitou o corte e a elevação das leivas de solo.

2 Cobertura do solo

Os restos culturais remanescentes dos cultivos anteriores podem ser removidos da área, incorporados ao solo, ou permanecerem sobre o solo, formando uma cobertura morta. Segundo PRADO et al. (2002), o manejo dos restos culturais, visando ao sistema conservacionista, compreenderia a utilização de equipamentos que

interferissem o menos possível na cobertura do solo; tais sistemas conservacionistas são o sistema plantio direto e o preparo reduzido, que visam a manter no mínimo 85 e 30% de cobertura morta após o plantio, respectivamente. Os mesmos autores afirmam que a permanência dos restos culturais na área acarreta vários benefícios de ordem físico-química e biológica para o solo, além de reduzir perdas de solo por erosão.

BOLLER & GAMERO (1997), em preparo do solo com escarificador, encontraram valores de 31,4% de cobertura vegetal após o preparo, sendo assim classificado como preparo conservacionista. Estes ainda relatam que as condições mais desfavoráveis para o estabelecimento da cultura do feijão foram obtidos com o preparo convencional após pousio e com escarificador após pousio, reforçando a importância da quantidade e qualidade da cobertura vegetal mantida sobre o solo, da forma de incorporação dos mesmos ao solo e da profundidade de preparo.

O preparo reduzido do solo com escarificador equipado com rolo destorroador é classificado como conservacionista e mantém níveis significativamente maiores de cobertura vegetal morta na superfície do solo, quando comparado com o mesmo equipado sem o rolo destorroador, seguido por uma gradagem leve (BOLLER & FAVORETTO, 1998).

A utilização de diferentes implementos no preparo do solo influencia na porcentagem de cobertura do solo após a utilização dos mesmos, em que COAN (1995), trabalhando com cinco implementos (arado de disco, arado de aiveca, escarificador, grade aradora e enxada rotativa), observou que em área com distribuição uniforme de cobertura vegetal (74 a 80%), o escarificador possibilitou maior cobertura do solo, com 48%. Observou-se ainda, que a enxada rotativa, com 35%, foi semelhante à grade aradora com 32% e melhor do que os arados de disco e de aiveca com 25 e 21% de cobertura do solo, respectivamente, após o preparo do solo com os mesmos.

FURLANI & GAMERO (1998), em trabalho realizado com arado de discos de 28” em Terra Roxa Estruturada, mostraram que esse equipamento incorpora em média 85% dos resíduos vegetais, independentemente da velocidade de deslocamento do conjunto trator/arado.

BOLLER et al. (1996), comparando diferentes sistemas de preparo do solo, encontraram que a porcentagem de cobertura vegetal sobre o solo foi maior após a escarificação quando comparado com o preparo convencional.

De acordo com FURLANI et al. (1999b) a maior porcentagem de incorporação de resíduos vegetais após a semeadura, ocorreu para o preparo convencional (80%), seguido pela escarificação (40%) e plantio direto (10%).

A presença de cobertura vegetal é uma das formas de conservação e/ou restituição da fertilidade do solo. Quando comparada com uma área descoberta, apresenta inúmeras vantagens, entre as quais, diminui o processo erosivo, atua como isolante térmico, apresenta efeito alelopático, aumenta a infiltração e contribui para a manutenção e/ou aumento do teor de matéria orgânica no solo (CALEGARI, 1989).

BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), em estudos sobre a erosão, relatam que a cultura do feijoeiro no Estado de São Paulo está em segundo lugar em termos de perda de solo (38,1 toneladas por hectare). Isso representa aproximadamente 190 kg de fertilizantes e 92 kg de corretivos perdidos por hectare cultivado anualmente. O controle da erosão depende de vários fatores, sendo o mais importante a porcentagem de cobertura do solo com resíduos vegetais. Entre os outros fatores estão o tipo e a distribuição de resíduos, métodos de preparo do solo, rugosidade superficial e outros (SLONEKER & MOLDENHAUER, 1977).

Segundo DERPSCH et al. (1991), o plantio direto é, em comparação com outros métodos de preparo do solo, o único em que a energia do impacto das gotas de chuva é amortecida pela camada de cobertura morta e em que a erosão do solo é controlada eficazmente. Os mesmos autores ainda citam que a proporção de água da chuva que infiltra no solo é decisiva para o controle do processo de erosão. Quanto maior for a infiltrabilidade do solo, tanto menor será o escoamento superficial que normalmente é o maior responsável pela erosão. Portanto, a medição da infiltrabilidade é um método rápido e prático para a obtenção de dados específicos sobre a sustentabilidade à erosão de distintos tipos e sistemas de preparo dos solos.

Para evidenciar os efeitos positivos da cobertura do solo no controle a erosão, CARVALHO et al. (2003), avaliaram a perda de solo e da água em função de dois

sistemas de preparo do solo (enxada rotativa e aração + gradagem) e da presença e ausência de cobertura morta, e concluíram que após 35 minutos de chuva artificial, a presença de cobertura morta diminuiu a perda de solo em 66,7 e 81,2% para o preparo com enxada rotativa e aração + gradagem, respectivamente. Os autores verificaram, ainda, que a presença de cobertura morta diminuiu a perda de água em 21,7 e 46,9% para o preparo com enxada rotativa e aração + gradagem, respectivamente.

LEVIEN et al. (1990), trabalhando com a cultura do milho, relatam que o preparo convencional apresentou maior perda de solo por erosão, seguido pelo preparo reduzido (escarificação) e ficando o sistema de plantio direto com os menores índices.

A presença de cobertura morta sobre a superfície influencia na perda de água e solo mais do que a própria intensidade da chuva, o que pôde ser verificado por SILVA et al. (2005), que trabalhando com seis porcentagens de cobertura do solo (0; 20; 40; 60; 80 e 100%) e quatro intensidades de precipitação (60; 80; 100 e 120 mm h⁻¹), concluíram que ao elevar a porcentagem de cobertura do solo de 0 para 80%, verificou-se redução, em média, de 99,5%; 85,5%; 76,5% e 87,1% nas perdas de solo e de 68,8%; 78,7%; 61,5% e 83,6% nas perdas de água para as intensidades de 60; 80; 100 e 120 mm h⁻¹, respectivamente, em que se nota que, com o aumento da cobertura do solo de 0 para 80%, mesmo com altas intensidades de precipitação, as perdas de solo são reduzidas em 75%.

LIMA et al. (1997) observaram que o armazenamento de água foi superior para o sistema de preparo do solo com escarificador, quando comparado com o sistema de semeadura direta e o convencional.

A temperatura do solo é afetada, dentre outros fatores, pela radiação solar, propriedades físicas do solo, conteúdo de água no perfil, condutividade térmica e cobertura do solo. Dentre eles, quando se quer comparar o sistema plantio direto e o preparo convencional, a cobertura do solo é o fator que difere substancialmente a temperatura do solo (IAPAR, 1981).

Segundo CASTRO (1989), a cobertura do solo é de vital importância, pois reduz a temperatura do solo durante as horas mais quentes do dia. Em solo preparado com escarificador, a amplitude térmica foi de 13 °C e a temperatura máxima de 35 °C, em

plantio direto, a amplitude foi de 5 °C, e a máxima temperatura de 29 °C. O autor ainda afirma que o excessivo aquecimento do solo, no início de desenvolvimento das culturas, deve comprometer a absorção de nutrientes pelas plantas.

As temperaturas altas não só têm os efeitos negativos sobre plântulas e raízes, mas também sobre a atividade microbiológica que é bastante afetada. Simultaneamente, temperaturas mais altas provocam maiores perdas de água por evaporação, de modo que com o preparo convencional, a secagem da camada superficial do solo é mais rápida, o que por sua vez pode levar uma diminuição da germinação no campo (DERPSCH et al., 1991). Ainda seguindo esse raciocínio, os mesmos autores citam que é justamente nos trópicos que temperaturas ótimas de germinação podem ser ultrapassadas, o que se torna prejudicial para a germinação e o desenvolvimento das plantas jovens.

MIRANDA et al. (2004) mediram a temperatura do solo em quatro profundidades (5; 10; 20 e 40 cm) e em sete períodos do dia (6; 8; 10; 12; 14; 16 e 18 h) em função da cobertura do solo com casca de coco, e evidenciaram que a cobertura morta propiciou maior temperatura no período mais frio do dia (manhã) e menor temperatura no período mais quente (12 h), fornecendo menor amplitude térmica do que no solo nu.

O sistema radicular da cultura do feijoeiro é de elevada dependência das condições climáticas. Segundo BULISANI et al. (1987), temperaturas ao redor de 15 a 27 °C e precipitação mensal em torno de 100 a 150 mm, são ideais para o crescimento e produção do feijoeiro. O mesmo autor ainda comenta que, a presença de elevadas temperaturas é também fator de diminuição da produção, principalmente se valores acima de 35 °C ocorrerem durante o período de florescimento da cultura. Por outro lado temperaturas abaixo de 12° C também podem restringir o crescimento, sendo o feijoeiro bastante sensível à geada.

STONE & MOREIRA (2000) analisaram a produtividade do feijoeiro em função de cinco sistemas de preparo do solo: plantio direto, plantio direto mais cobertura morta, aração com grade aradora, aração com arado de aiveca e aração com arado escarificador. Os autores concluíram que o número de vagens por planta foi maior no

plântio direto mais cobertura morta, evidenciando que a cobertura morta aumentou a produtividade do feijoeiro.

3 Biodiesel

O homem contemporâneo desenvolveu hábitos e tecnologias sustentadas no consumo de fontes energéticas, sendo algumas consideradas finitas a curto ou a médio prazo. Neste contexto, DABDOUB et al. (2003) relataram que o aumento do preço do petróleo, bem como o de seus derivados, causou crescente interesse pelas energias renováveis. De acordo com os autores, é necessário destacar a importância dos óleos vegetais para produzir energia alternativa, como é o caso do Biodiesel. Nesse trabalho, ressalta-se ainda que a produção na Europa e nos Estados Unidos adota processos que podem limitar a utilização do referido combustível devido ao custo ser igual ou superior ao diesel de petróleo. Em virtude disso, os autores defendem método alternativo, como recolhimento de óleos residuais de frituras para a produção de Biodiesel pelo processo de transesterificação. Tal atitude minimiza custos e oferece destino racional para esse resíduo nocivo ao meio ambiente.

A mesma preocupação com os acelerados e incontidos aumentos do preço do petróleo, a partir de meados de 1970, é evidenciada por PARENTE (2003). O autor enfoca que a modificação na consciência mundial relacionada à produção e consumo de energia, especialmente quando originária de fontes não-renováveis, como é o caso dos combustíveis fósseis, tem conduzido estudos em busca de aperfeiçoamento do uso de energia alternativa. Para o autor, o ano de 1970 representou verdadeiro marco na história energética do planeta, pois, a partir daí, vários esforços foram dedicados à superação da crise, os quais incidiram, basicamente, em dois grupos de ações. O primeiro consistiu na conservação ou economia energética, e o segundo dedicou-se ao aperfeiçoamento do uso de fontes energéticas alternativas, como é o caso do álcool e do Biodiesel.

Outro fator desencadeado pela crise energética da década de 1970 foi o impacto na exploração agrícola, pois o meio rural dependia integralmente do óleo diesel como

combustível para o funcionamento dos tratores, bem como dos demais derivados de petróleo para outras atividades (CAMPANI, 1996).

A crise energética, de acordo com SALAZAR (2002), vem forçando a busca de alternativas energéticas para toda a humanidade, resultando na realização de inúmeras pesquisas em outras fontes não-dependentes do petróleo. O autor menciona que a investigação do potencial combustível dos óleos vegetais constitui-se em uma dessas alternativas e apresentou resultados animadores.

DI LASCIO et al. (1994) relataram que o esforço do governo em relação à necessidade de aumentar a oferta de energia elétrica poderia ser direcionado para a solução que envolva o uso de combustível produzido a partir de óleos vegetais. Tal fato estimula soluções regionais, em localidades isoladas, cujo custo de transporte do diesel onera a geração de energia elétrica, e conta com biomassa oleaginosa abundante.

A implementação do Biodiesel no Brasil vem ao encontro de outra tecnologia bem-sucedida, o álcool combustível produzido com cana-de-açúcar. Destaca-se, também, que a produção de Biodiesel necessita de grande quantidade de álcool e, para produzir álcool, utiliza-se grande quantidade de diesel, o qual poderá ser substituído por Biodiesel. Além disso, o uso dessa alternativa energética aponta para importante crescimento do agronegócio brasileiro em decorrência do aumento da área plantada e da geração de empregos. Outro ponto importante relacionado ao Biodiesel é a redução da emissão de poluentes para a atmosfera, assim como a transformação de óleo residual de frituras em combustível, minimizando o efeito desse sobre o solo e cursos d'água (LOPES, 2004).

Os compostos classificados como Biodiesel são ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos que podem ser utilizados como combustíveis em motores de ciclo diesel sem que sejam requeridas alterações mecânicas (FARIA et al., 2003).

SUAREZ (2002), durante o desenvolvimento de um catalisador que acelera o processo de obtenção de biocombustível e elimina os compostos oxigenados resultantes do craqueamento (quebra das cadeias das moléculas) do óleo, considerados corrosivos e que diminuem a eficiência da combustão, afirmou que o combustível pode ser utilizado por qualquer veículo ou equipamento movido a diesel,

sem a necessidade de adaptação do motor e, quando comparado ao óleo diesel tradicional, proveniente do petróleo, o Biodiesel possui a vantagem de ser livre de enxofre, o que reduz a poluição, sendo recurso biodegradável e renovável que pode ser processado em horas, ao contrário do petróleo, que demora milhares de anos para ser transformado na natureza, além de ser considerado finito.

O Biodiesel é produzido majoritariamente pela transesterificação de óleos vegetais e gorduras animais por catálise básica homogênea, em que são obtidos Biodiesel e glicerol. O processo é simples e permite a utilização de baixas temperaturas e catalisadores baratos, com conversões próximas a 100% (FARIA et al., 2003).

O Biodiesel pode ser utilizado como combustível ou como aditivo ao diesel de petróleo. Segundo MONTEIRO JÚNIOR et al. (2003), mesmo em proporções inferiores a 1%, a adição de Biodiesel acarreta melhoria significativa na lubricidade do combustível. Tal benefício também foi comprovado por SCHUMACHER (2005).

As condições para o desenvolvimento do Biodiesel no Brasil foram garantidas pela Lei nº 9.478 de agosto de 1997 (BRASIL, 1997) que dispôs sobre a política energética nacional e instituiu a Agência Nacional do Petróleo (ANP), entidade integrante da Administração Federal indireta. Essa atua como órgão regulador da indústria do petróleo e tem como principais objetivos: a proteção do meio ambiente, a conservação de energia e o incentivo à utilização de fontes alternativas de energia.

No dia 13 de janeiro de 2005, foi publicada a Lei nº 11.097, que introduziu o Biodiesel na matriz energética brasileira. “Art. 2º - Fica introduzido o Biodiesel na matriz energética brasileira, sendo fixado em 5% (cinco por cento), em volume, o percentual mínimo obrigatório de adição de Biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional”. Além da obrigatoriedade, foi determinado o prazo para cumprimento. “ Art. 2º, § 1º - O prazo para aplicação do disposto no caput deste artigo é de 8 (oito) anos após a publicação desta Lei, sendo de 3 (três) anos o período, após essa publicação, para se utilizar um percentual intermediário de 2% (dois por cento), em volume”. A referida Lei define biocombustível e Biodiesel. “Art 4º, XIV - Biocombustível: combustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna ou, conforme regulamento, para outro tipo de geração de energia,

que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil. XV - Biodiesel: biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para outro tipo de geração de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil” (BRASIL, 2005).

Com relação a ensaios de desempenho de tratores com biodiesel em operação de preparo do solo, LOPES et al. (2004) avaliaram Biodiesel etílico filtrado de óleo residual de soja, em operação de gradagem, cuja força média imposta na barra de tração foi de 18 kN. Os autores observaram que, nessa situação, o uso de Biodiesel, até a proporção de 50% de mistura, não alterou o consumo específico; entretanto, quando o trator funcionou com 100% de Biodiesel, o consumo específico aumentou 11%, porém não se apresentou qualquer anomalia no funcionamento do motor.

III MATERIAL E MÉTODOS

1 Material

1.1 Área experimental

O trabalho foi conduzido em condição de campo, nas dependências do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA), do Departamento de Engenharia Rural, UNESP, Câmpus de Jaboticabal - SP. A área está localizada nas coordenadas geodésicas 21°15' latitude sul e 48°18' longitude oeste, sendo a altitude média de 570 m, com declividade média de 7%, apresentando clima temperado chuvoso com inverno seco subtropical (Cwa), de acordo com a classificação de Köppen. Acrescenta-se, também, que a temperatura média é de 22,2 °C, precipitação média anual de 1.425 mm, umidade relativa média de 71% e pressão atmosférica de 94,3 kPa (UNESP, 2006).

1.2 Solo

O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, com relevo suave ondulado, por ANDRIOLI & CENTURION (1999), conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999). Apresentou teor médio de água, nos dias dos ensaios, de 22 e 28% no perfil de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade, respectivamente. A análise granulométrica da camada de 0,00-0,20 m para argila, silte, areia fina e areia grossa foi 51; 29; 10 e 10%, respectivamente, sendo o mesmo considerado como textura argilosa. A superfície do solo estava 100% coberta por restos da cultura do milho (*Zea mays*) e braquiária (*Brachiaria decumbens*), totalizando 2.200 kg de massa seca por hectare.

1.3 Combustível

Utilizou-se como combustível a mistura B5 (5% de biodiesel de soja etílico destilado e 95% de diesel), sendo tal produto oriundo do Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas, LADETEL – USP/Ribeirão Preto.

1.4 Aerossolo

O protótipo (Figura 1) trata-se de equipamento construído inicialmente com a finalidade de recuperar pastagens degradadas, favorecendo a aeração do solo após a utilização do mesmo, em função disso foi patenteado com o nome de Aerossolo. Neste trabalho procurou-se avaliá-lo como equipamento de preparo reduzido do solo. Tal implemento é de arrasto, constituído por comando hidráulico, cabeçalho com luva telescópica para regulagem longitudinal, duas seções dispostas lateralmente, contando cada uma com 28 hastes de 24 cm de comprimento e espessura de 4 cm. Como opcional, pode ser adicionado lastros de concreto para aumentar a profundidade de trabalho, rodas de transporte e rolo destorroador para conferir nivelamento da superfície. Como principais regulagens destacam-se a adição de lastros (máximo de 1.307 kg) e as cinco variações do ângulo das seções (0; 4; 7; 11 e 14°).



- | | |
|------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1 – Eixo das seções; | 6 – Apoio fixo; |
| 2 – Cabeçalho; | 7 – Ponto de regulagem do ângulo das seções; |
| 3 – Cilindro hidráulico; | 8 – Mangueiras hidráulicas; |
| 4 – Local dos lastros de concreto; | 9 – Rolo destorroador duplo. |
| 5 – Rodas de transporte; | |

FIGURA 1. Vista geral do protótipo “Aerossolo”.

1.5 Tratores

Trator de teste, modelo Valtra BM100, 4X2 TDA, com 74 kW (100 cv) de potência no motor a 2.300 rpm.

Trator de apoio, modelo Valtra BH140, 4X2 TDA, com 103 kW (140 cv) de potência no motor a 2.400 rpm, utilizado na remoção e adição dos lastros de concreto. Este trator foi utilizado no presente trabalho, porém isto não implica na necessidade de outro trator na propriedade para realizar esta operação, pois o mesmo trator pode ser desacoplado do implemento e mover os lastros de concreto.

Ambos os tratores estão ilustrados na Figura 2 suas principais características no Apêndice 1.



FIGURA 2. Trator de teste (1) e trator de apoio (2).

1.6 Instrumentação do trator de teste para o ensaio de desempenho

O trator 1 foi instrumentado com radar para medir a velocidade de deslocamento, célula de carga para medir a força de tração, sensores de rotação nas rodas para medir a patinação, sensor de rotação da TDP, protótipo medidor de consumo de combustível e sistema de aquisição de dados. Os detalhes dessa instrumentação encontram-se descrito em LOPES (2006), conforme ilustrado na Figura 3.



FIGURA 3. Vista geral do trator instrumentado. (Fonte: LOPES, 2006)

2 Métodos

2.1 Seqüência de operações

A instalação, condução, coleta de dados e análise dos resultados foram realizadas conforme a seqüência:

- Calibração dos sensores;
- Lastragem do trator de teste;
- Amostragem do solo para as análises granulométricas;
- Demarcação e estaqueamento das parcelas experimentais;
- Casualização dos tratamentos;
- Avaliação da cobertura do solo;
- Seleção da marcha e da velocidade do trator de teste;
- Ajuste da pressão de inflação dos pneus;
- Determinação do teor de água no solo;
- Realização do ensaio de desempenho;
- Avaliação da profundidade de trabalho, e
- Avaliação da cobertura do solo após a passagem do aerossolo.

2.2 Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 3, com nove tratamentos e quatro repetições, totalizando 36 observações. Acrescenta-se que cada parcela teve comprimento de 30 m e, entre as parcelas, no sentido longitudinal, reservou-se intervalo de 15 m para realizar manobras, trânsito de máquinas e estabilizar o comportamento do trator em cada observação.

2.3 Tratamentos

As combinações dos nove tratamentos foram três condições de lastragem com três ângulos das seções, sendo os seguintes:

- Condição de lastragem:

(Figura 4)

- L1 = sem lastro;
- L2 = 960 kg de lastro, e
- L3 = 1.307 kg de lastro.

- Ângulo das seções:

(Figura 5)

- $\alpha_1 = 0^\circ$;
- $\alpha_2 = 7^\circ$ e
- $\alpha_3 = 14^\circ$



FIGURA 4. Aerossolo na condição sem lastro (1) e totalmente lastrado (2).

Os ângulos (α) referentes aos tratamentos são àqueles formados entre as seções e uma linha imaginária da frente do aerossolo, conforme ilustrado na Figura 5.



FIGURA 5. Aerossolo com o ângulo (α) das seções (0° ; 7° e 14°).

Todos os tratamentos, combinações e respectivas designações estão relacionados na Tabela 1. A localização e a distribuição dos tratamentos em cada bloco nas parcelas da área experimental encontram-se ilustrados na Figura 6.

TABELA 1. Relação e designação dos tratamentos.

Tratamentos	Fatores Comparativos		Designação
	Ângulo das Seções (°)	Lastragem do Aerossolo (kg)	
T1	0	0	α 1L1
T2	0	960	α 1L2
T3	0	1.307	α 1L3
T4	7	0	α 2L1
T5	7	960	α 2L2
T6	7	1.307	α 2L3
T7	14	0	α 3L1
T8	14	960	α 3L2
T9	14	1.307	α 3L3

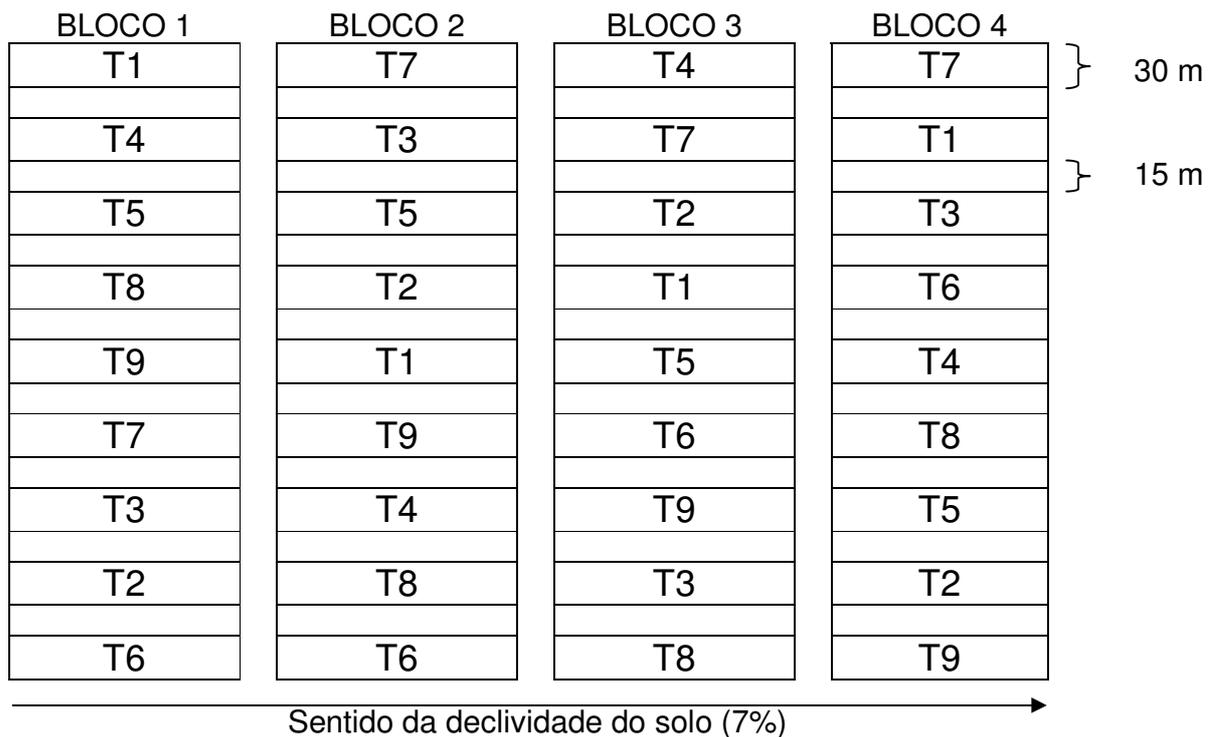


FIGURA 6. Esquema da distribuição das parcelas na área experimental.

2.4 Metodologia para as determinações referentes ao solo

2.4.1 Determinação da granulometria

Essa análise seguiu a rotina descrita em EMBRAPA (1997), sendo a mesma realizada no Departamento de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/Jaboticabal.

2.4.2 Determinação da porcentagem de cobertura da superfície do solo

A porcentagem de cobertura do solo foi determinada antes da passagem do aerossolo. Utilizou-se do método da trena, descrito por LAFLEN et al. (1981), em que cada marca da trena coincidente com resíduos vegetais, na superfície do solo, foi considerada um ponto percentual de cobertura. Em todas as parcelas experimentais, foram efetuadas duas leituras em diagonais cruzadas.

2.4.3 Determinação da massa seca na superfície do solo

A quantidade de massa seca na superfície do solo foi determinada antes do uso do aerossolo na área. Foram realizadas dez amostragens, por meio de armação com área de 0,5 m² na área experimental, sendo o material coletado seco até atingir massa constante, em estufa elétrica regulada para 62 °C.

2.4.4 Determinação do teor de água no solo

Foram coletadas amostras de solo durante todas as fases de instalação e condução do experimento, cuja finalidade foi avaliar o teor de água, sendo essa operação repetida em todas as parcelas. Nessa avaliação, retiraram-se amostras nos perfis de solo de 0-10 e 10-20 cm de profundidade. O método de determinação utilizado

foi o gravimétrico-padrão, colocando-se o solo para secagem até massa constante, em estufa elétrica regulada à temperatura de 105 °C.

2.5 Lastragem do trator de teste

O trabalho foi conduzido com o trator de teste operando na condição máxima de lastragem (5.400 kg), totalizada pela adição de massa metálica e água nos pneus, ocupando 75% do volume, conforme recomendação do fabricante. Ressalta-se que em condição estática, a distribuição de massa do trator foi 40% e 60% nos eixos dianteiro (2.160 kg) e traseiro (3.240 kg), respectivamente.

A lastragem metálica foi composta de dez elementos frontais de 37,5 kg e dois anéis laterais de 70 kg acoplados um em cada roda traseira.

2.6 Uso do trator

O trator de teste operou com rotação de 2.000 rpm no motor (Figura 7), rotação de regime indicada pelo fabricante, quando o mesmo funcionava sem carga na barra de tração. Com a finalidade de iniciar os testes com a rotação mais uniforme possível, acionava-se o acelerador e conferia-se a rotação da tomada de potência pelo painel do sistema de aquisição de dados.



FIGURA 7. Dinâmica do ensaio de desempenho.

2.7 Densidade do combustível

Para a determinação da densidade do combustível, utilizou-se a equação da densidade em função da temperatura do combustível, no momento do ensaio, e da proporção de biodiesel de soja etílico destilado no combustível. Tal equação foi desenvolvida por LOPES (2006), sendo a seguinte:

$$D = 850 - 0,813 T + 0,306 P + 0,0022 T^2 - 0,0007 P^2 - 0,0007 T P + 0,0011 P^2 \quad (1)$$

em que,

- D – densidade do combustível, g L⁻¹;
- T – temperatura do combustível, °C, e
- P – proporção de Biodiesel, %.

2.8 Procedimento experimental

Em todas as parcelas, procurando estabilizar as determinações, o trator de teste iniciava o movimento 15 m antes da primeira baliza. Quando o referencial do trator, centro do rodado traseiro, coincidia com a primeira baliza, era acionado o sistema de aquisição de dados. O procedimento era interrompido quando se decorriam 30 m de comprimento da parcela, ou seja, centro do rodado traseiro na segunda baliza.

Referente ao ensaio de desempenho, simultaneamente, em cada parcela, o sistema de instrumentação fornecia diretamente:

- Tempo de percurso;
- Velocidade real de deslocamento;
- Força integrada;
- Volume de combustível consumido;
- Temperatura do combustível na entrada da bomba injetora, e
- Temperatura do combustível no retorno dos bicos e da bomba injetora.

2.9 Avaliações em cada tratamento

2.9.1 Porcentagem de cobertura da superfície do solo

A porcentagem de cobertura do solo foi determinada após a passagem do aerossolo. Utilizou-se do método da trena, conforme descrito por LAFLEN et al. (1981).

2.9.2 Profundidade de trabalho

Essa variável foi determinada em cada parcela com o auxílio de uma haste metálica graduada em milímetro, sendo tal operação realizada logo após a passagem do aerossolo, pressionando-se a haste no solo até a mesma atingir a profundidade do solo não-mobilizado.

2.9.3 Velocidade real de deslocamento

A velocidade de deslocamento foi medida de forma direta por radar instalado no trator de teste.

2.9.4 Força média na barra de tração

A força média de tração exercida na barra do trator foi determinada de forma direta pela célula de carga.

2.9.5 Determinação da potência na barra de tração

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

$$PB = FT V \quad (2)$$

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.

2.9.6 Capacidade de campo operacional

A capacidade de campo operacional foi determinada com base na largura de trabalho real do aerossolo, na velocidade real de deslocamento do conjunto e da eficiência de campo do aerossolo, que para este trabalho foi adotada como sendo 75%, segundo BALASTREIRE (1987).

A largura de trabalho real foi média de três passadas do aerossolo, sendo a mesma medida com trena graduada em milímetro. Os valores foram de 2,43; 2,33 e 2,21 m para o aerossolo trabalhando com ângulo (α) das seções de 0º, 7º e 14º, respectivamente.

Para o cálculo da capacidade de campo operacional, utilizou-se da seguinte equação:

$$CCO = \frac{0,75 L v}{10} \quad (3)$$

em que,

CCO – capacidade de campo operacional, ha h⁻¹;

0,75 – eficiência de campo do aerossolo;

v – velocidade real de deslocamento, km h⁻¹;

L – largura real de trabalho do implemento, m, e

10 – fator de conversão para ha h⁻¹.

2.9.7 Consumo de combustível

O consumo de combustível foi medido, em cada parcela, em unidade de volume (mL), obtendo-se o volume total de alimentação na entrada da bomba injetora e o volume total retornado, sendo o combustível consumido a diferença entre as duas medidas. De posse desses dados, determinaram-se o consumo horário (volumétrico e ponderal) e o consumo operacional.

2.9.7.1 Consumo horário

Com base no volume consumido e no tempo de percurso em cada parcela, foi determinado o consumo horário volumétrico, utilizando-se da seguinte equação:

$$Chv = 3,6 \left(\frac{Va - Vr}{t} \right) \quad (4)$$

em que,

3,6 – fator de conversão;

Chv – consumo horário volumétrico, L h⁻¹;

Va – volume de alimentação de combustível na entrada da bomba injetora, mL;

Vr – volume total retornado dos bicos e da bomba injetora, mL, e

t – tempo de percurso na parcela, s.

Para determinar o consumo horário ponderal, considerou-se a influência da temperatura no momento do teste para corrigir a densidade. Optou-se por conversão em massa do volume de alimentação separado do retorno. Esse consumo foi calculado com a seguinte equação:

$$Chm = \left(\frac{3,6}{1000 t} \right) [(Va Da) - (Vr Dr)] \quad (5)$$

em que,

3,6 e 1000 – fatores de conversão;

Chm – consumo horário ponderal, kg h⁻¹;

Da – densidade do combustível no momento da alimentação, g L⁻¹;

Dr – densidade do combustível retornado pelos bicos e bomba injetora, g L⁻¹;

Va – volume de alimentação de combustível na entrada da bomba injetora, mL;

Vr – volume total retornado dos bicos e da bomba injetora, mL, e

t – tempo de percurso na parcela, s.

2.9.7.2 Consumo operacional

O consumo operacional foi determinado com base na capacidade de campo operacional (ha h⁻¹) e no consumo horário volumétrico (L h⁻¹).

Utilizou-se da seguinte equação:

$$CO = \frac{Chv}{CCO} \quad (6)$$

em que,

CO – consumo operacional, L ha⁻¹;

Chv – consumo horário volumétrico, L h⁻¹, e

CCO – capacidade de campo operacional, ha h⁻¹.

2.10 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias de Tukey, a 5% de probabilidade, conforme recomendação de PIMENTEL GOMES (1987) e BANZATTO & KRONKA (1995).

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram apresentados na forma de Tabelas. Ressalta-se que a interpretação dos mesmos se inicia pelo teste da interação; porém, no presente trabalho, não se observou dependência de um fator em relação ao outro, o que implica inexistência de tabela de desdobramento.

A síntese da análise estatística foi apresentada para grupos de variáveis nas Tabelas 2, 3 e 4. Nessas tabelas, os dados referentes aos fatores ângulo das seções e lastragem do aerossolo representam médias de 12 observações.

TABELA 2. Síntese da análise de variância e do teste de médias para a cobertura do solo e profundidade de trabalho.

Fatores	Cobertura do solo (%)	Profundidade de trabalho (cm)
Lastragem (L)		
L1	71 A	13 B
L2	61 B	13 B
L3	50 C	15 A
Ângulo (α)		
α 1	72 A	11 C
α 2	56 B	13 B
α 3	54 B	15 A
Teste F		
L	14,01 **	9,09 **
α	11,66 **	75,48 **
L α	0,85 ^{NS}	1,65 ^{NS}
C.V.%	16,02	5,34

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

NS: não-significativo

** : significativo (P<0,01)

C.V.: coeficiente de variação

TABELA 3. Síntese da análise de variância e do teste de médias para velocidade, força de tração, potência na barra e capacidade de campo operacional (CCO).

Fatores	Velocidade (km h ⁻¹)	Força de Tração (kN)	Potência na Barra (kW)	CCO (ha h ⁻¹)
Lastragem (L)				
L1	6,2 A	14,6 A	25,1 A	1,1 A
L2	6,0 B	19,1 B	31,6 B	1,0 B
L3	5,9 B	20,9 C	34,0 C	1,0 B
Ângulo (α)				
α1	6,1 A	16,5 A	28,0 A	1,1 A
α2	6,0 A	18,2 B	30,4 B	1,1 A
α3	5,8 B	19,9 C	32,3 C	1,0 B
Teste F				
L	16,12 **	278,54 **	239,07 **	19,30 **
α	13,02 **	75,42 **	51,22 **	109,10 **
Lx α	1,01 NS	1,13 NS	0,53 NS	1,63 NS
C.V.%	2,46	3,72	3,41	2,41

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

NS: não-significativo

** : significativo (P<0,01)

C.V.: coeficiente de variação

TABELA 4. Síntese da análise de variância e do teste de médias para o consumo horário (volumétrico – Chv e ponderal - Chm) e operacional (CO).

Fatores	Chv (L h ⁻¹)	Chm (kg h ⁻¹)	CO (L ha ⁻¹)
Lastragem (L)			
L1	11,6 A	9,6 A	10,8 A
L2	13,2 B	11,0 B	12,8 B
L3	14,5 C	12,1 C	14,3 C
Ângulo (α)			
α1	12,5 A	10,4 A	11,2 A
α2	13,2 B	11,0 B	12,5 B
α3	13,7 B	11,4 B	14,2 C
Teste F			
L	66,08 **	68,05 **	77,90 **
α	10,89 **	11,20 **	54,43 **
Lx α	0,17 NS	0,21 NS	0,44 NS
C.V.%	4,79	4,75	5,49

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

NS: não-significativo

** : significativo (P<0,01)

C.V.: coeficiente de variação

1 Cobertura do solo

Pela Tabela 2, observa-se que no fator lastragem, a cobertura do solo foi maior quando o aerossolo estava na condição L1 (0 kg) e menor quando o aerossolo estava com lastragem máxima de 1.307 kg. Para o fator ângulo das seções, nota-se que, quando o ângulo foi de 0º, a cobertura do solo foi maior. Esses maiores valores de cobertura proporcionados pela redução da lastragem e pelo menor ângulo das seções aconteceram em virtude de que, nestas condições, ocorreu menor mobilização do solo causada pelas hastes do equipamento. Tal afirmação pode ser confirmada com a variável profundidade de trabalho.

Comparando-se estes resultados com os de um escarificador, recomendado para sistema conservacionista, nota-se que o valor de 31% de cobertura do solo obtido por BOLLER & GAMERO (1997) é bem inferior aos do aerossolo em qualquer regulagem. Outro trabalho realizado com escarificador foi desenvolvido por COAN (1995), no qual o autor observou valores bem maiores de cobertura do solo após o uso do equipamento, com 48%. Nessa pesquisa, também foi apresentado valor de 35% para a enxada rotativa, 32% para a grade aradora, 25% para o arado de discos e 21% para o arado de aivecas. Tais resultados ressaltam a importância do aerossolo quando se tem por objetivo maior quantidade de palha na superfície do solo.

2 Profundidade de trabalho

Ainda na Tabela 2, observa-se que essa variável no fator lastragem foi maior quando o aerossolo estava totalmente lastrado (L3 = 1.307 kg), ressaltando-se que não houve diferença de L1 (sem lastro) para L2 (960 kg). Nota-se que a variação na profundidade foi pouco influenciada pela lastragem, indicando não haver necessidade de aumentar a massa do equipamento, pois isto implica em aumento na exigência em força de tração e consumo de combustível, em virtude do aumento na resistência ao rolamento. Com relação ao ângulo das seções, observou-se que à medida que se aumentou esse fator, foi incrementada a profundidade de trabalho, aumentando 36% da

condição de 0° para a de 14°. É possível relacionar essa variável com as regulagens do equipamento assim como acontece com as grades niveladoras e aradoras (ORTIZ-CAÑAVATE, 1980).

Evidencia-se que este trabalho foi realizado em apenas uma marcha do trator, sendo assim, é de se pressupor que alteração na marcha do trator combinada com lastragem e ângulo das seções também possa influenciar a profundidade de trabalho.

3 Velocidade de deslocamento

Pela Tabela 3, verifica-se que, no fator lastragem, a velocidade de deslocamento foi maior para a condição L1 (sem lastro), sendo L2 (960 kg) semelhante a L3 (1.307 kg). Analisando-se o ângulo entre as seções, a velocidade foi maior para $\alpha = 0^\circ$ e 7° , e menor para 14° . Explica-se que a redução de velocidade foi em virtude do aumento na força de tração e esta, por sua vez, foi influenciada pela maior profundidade de penetração das hastes.

4 Capacidade de campo operacional

Pela Tabela 3, nota-se que a capacidade de campo operacional foi maior para o aerossolo sem lastro, ou seja, na condição L1. Com relação ao fator ângulo das seções, observa-se que na condição de 14° resultou na menor capacidade de campo operacional em função da menor largura de trabalho observada nessa regulagem. O recurso de angulação das seções com o objetivo de aumentar a profundidade de trabalho também é utilizado nas grades de arrasto, sendo assim, a justificativa quanto à alteração da capacidade de campo operacional também foi utilizada por FURLANI et al. (1999a).

5 Força de tração e potência na barra

Pela Tabela 3, verifica-se que a força de tração e a potência na barra tiveram comportamentos semelhantes, ou seja, cresceram com a adição de lastros e com o aumento do ângulo (α) das seções. Os fatores mencionados se constituem em regulagens que alteraram a profundidade de trabalho do equipamento e por conseqüência causou aumento na força de tração e exigiu maior quantidade de potência na barra. Esse comportamento é semelhante ao de uma grade aradora de arrasto, conforme os resultados apresentados por LOPES et al. (2004).

6 Consumo horário volumétrico de combustível

Pela Tabela 4, observa-se que à medida que se adicionou lastro ao equipamento aumentou o consumo volumétrico, sendo esse 25% maior na condição L3 comparado a L1. Em relação ao ângulo das seções, o menor valor se deu para $\alpha = 0^\circ$, entretanto, essa variável foi semelhante para $\alpha = 7^\circ$ e 14° . Tal comportamento também é explicado pelo aumento da força de tração relacionada à profundidade de trabalho. Tais resultados são equivalentes com aqueles encontrados por FURLANI (2000) e LEVIEN et al. (2003) trabalhando com grades de arrasto em profundidades semelhantes.

7 Consumo horário ponderal de combustível

De acordo com a Tabela 4, nota-se que o comportamento do consumo horário ponderal, corrigido pela densidade do combustível, foi semelhante ao consumo volumétrico. Tal situação evidencia que a temperatura ambiente, no momento do ensaio, não variou significativamente a ponto de influenciar a densidade do combustível de um ensaio para o outro.

8 Consumo operacional de combustível

Pela Tabela 4, verifica-se que a quantidade de combustível gasto para preparar determinada quantidade de área (consumo operacional) aumentou com o crescimento tanto da lastragem quanto do ângulo das seções. Esse comportamento também está relacionado com a alteração na profundidade de penetração das hastes, velocidade de deslocamento e largura de trabalho resultantes das regulagens realizadas no equipamento. Resultados semelhantes foram encontrados por FURLANI et al. (1999a) quando ensaiaram grade niveladora, trabalhando com velocidade e largura equivalentes. Já LEVIEN et al. (2003), encontraram valores menores para a grade niveladora, em torno de $9,7 \text{ L ha}^{-1}$, e maiores para o escarificador e arado de quatro discos com $20,3$ e $24,0 \text{ L ha}^{-1}$, respectivamente, evidenciando que o escarificador trabalhou a uma profundidade de $17,5 \text{ cm}$, ou seja, próxima a observada para o aerossolo.

V CONCLUSÕES

O acréscimo de lastros no aerossolo, bem como o aumento do ângulo α das seções proporcionou maior profundidade de trabalho e menor cobertura do solo.

O aerossolo desprovido de lastro e com ângulo das seções de 0° e 7° resultou na maior velocidade de deslocamento e, conseqüentemente, na maior capacidade de campo operacional.

A força de tração e a potência exigida na barra aumentaram em virtude da adição de lastros e da maior angulação das seções.

Os consumos volumétrico, ponderal e operacional aumentaram com a adição de lastros no aerossolo e com a maior angulação das seções.

O ângulo α de 7° é o mais recomendado para o aerossolo, pois, nessa regulagem, o trator teve consumo intermediário e máxima capacidade de campo operacional.

VI REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLMARAS, R.R.; DONDY, R.H. Conservation tillage systems and their adoption in the United States. *Soil & Tillage Research*, v. 5, p. 197-222, 1985.

AMEMIYA, M. Conservation in the Western Corn Belt. *Journal Soil Water Conservation*, v. 32, p. 29-36, 1977.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Terminology and definitions for soil tillage and soil tool relationships. In:____. *ASAE standards 1982: standards engineering practices data*. San Joseph, 1982. p. 229-41.

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. *Anais...* Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 1 CD-ROM.

ANTUNIASSI, U.R. *Infestação por plantas daninhas e produção da cultura do milho (Zea mays L.) em função de diferentes intervalos de tempo entre a mobilização do solo e a semeadura*. 1990. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1990.

BALASTREIRE, L.A. *Máquinas Agrícolas*. São Paulo: Manole, 1987. 310 p.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. *Experimentação agrícola*. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247 p.

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

BOLLER, W.; GAMERO, C.A.; PEREIRA, J.O. Avaliação de diferentes sistemas de preparo e de condições de cobertura do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25., 1996, Bauru. *Anais...* Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996, p.160.

BOLLER, W.; GAMERO, C.A. Estimativa dos custos econômicos e energéticos de sistemas de preparo do solo para a cultura do feijão. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 26-38, 1997.

BOLLER, W.; FAVORETTO, R. Eficiência energética da cultura do feijão sob diferentes sistemas de manejo do solo. *Ingeniería Rural y Mecanización Agraria en el Ámbito Latinoamericano*, La Plata, Argentina, p. 154-58, 1998.

BRASIL. *Lei nº 9.478 de 6 de agosto de 1997*. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 7 jan. 2002.

BRASIL. *Lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005*. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 21 fev. 2006.

BULISANI, E.A.; ALMEIDA, L.D.; ROSTON, A.J. A cultura do feijoeiro no Estado de São Paulo. In: BULISANI E.A. *Feijão: fatores de produção e qualidade*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 29-88.

CALEGARI, A. Adubação verde. In: *Manual técnico do subprograma manejo e conservação do solo*. Curitiba: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, p. 178-85, 1989.

CAMPANI, D. B. O papel do engenheiro no planejamento energético do meio rural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25., CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERÍA AGRICOLA, 2., 1996, Bauru. *Anais...* Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996. 1 CD-ROM.

CARVALHO, D.F.; MONTBELLER, C.A.; CRUZ, E.S.; LANA, A.M.Q.; SILVA, W.A. Efeito da cobertura morta e do preparo do terreno nas perdas de solo e água em um Argissolo Vermelho-Amarelo. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.11, n.1-4, p.15 - 22, 2003.

CASTRO, O.M. *Preparo do solo para a cultura do milho*. Campinas: Fundação Cargill, 1989, 41 p. (Série Técnica 3)

CASTRO FILHO, C.; HENKLAIN, J.C.; VIEIRA, M.J.; CASÃO JÚNIOR, R. Tillage methods and soil and water conservation in southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 20, p.271-83, 1991.

COAN, O. *Sistema de preparo de solo: efeito sobre a camada mobilizada e no comportamento das culturas do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e do milho (*Zea mays* L.), conduzidas em rotação*. 1995. 138 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1995.

DABDOUB, M. J.; DABDOUB, V. B.; HURTADO C. R.; BATISTA, A. C. F.; AGUIAR, F. B.; HURTADO, G. R.; VIEIRA, A. T. Utilização de óleos usados para produção de biodiesel. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIODIESEL, 1., 2003, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto: LADETEL, 2003. 1 CD-ROM.

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 Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

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

DI LASCIO, M. A.; ROSA, L. P.; MOLION, L. C. B. *Projeto de atendimento energético para comunidades isoladas da Amazônia*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, UNB, UFAL, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. *Manual de métodos e análise de solo*. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, 1999. 412 p.

FARIA, W. L. S.; CARVALHO, L. M.; MONTEIRO JÚNIOR, N.; VIEIRA, E. C.; CONSTANTINO, A. M.; SILVA, C. M.; ARANDA, D. A. G. Esterificação de ácido graxo para produção de biodiesel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CATÁLISE, 12., 2003, Angra dos Reis. *Anais ... Angra dos Reis: Sociedade Brasileira de Catálise*, 2003. v. 2, p.943-946.

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.

FREIRE, W.J. O efeito do preparo sobre a agregação do solo. *Engenharia Agrícola*, v. 1, p. 25-30, 1972.

FURLANI, C.E.A.; GAMERO, C.A. Arado de disco: desempenho operacional em função do tipo de disco e da velocidade de deslocamento. *Ingeniería Rural y Mecanización Agraria en el Ámbito Latinoamericano*, La Plata, Argentina, p. 196-200, 1998.

FURLANI, C.E.A.; LEVIEN, R.; GAMERO, C.A. Consumo de combustível e capacidade operacional de preparos do solo em diferentes manejos do consórcio aveia preta (*Avena strigosa*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. *Anais...* Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999a. 1 CD-ROM.

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

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.

GADANHA JÚNIOR, C.D.; MOLIN, J.P.; COELHO, J.L.D.; YAHN, C.H.; TOMIMORI, S.M.A. *Máquinas e implementos agrícolas do Brasil*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1991. 468 p.

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

GAULTNEY, L. Effects of subsoil compaction on corn yields. *Transactions of ASAE*, St. Joseph, v. 25, n. 3, p. 563-69, 1982.

GROHMAN, F.; ARRUDA, H.V. Influência do preparo do solo sobre a estrutura da Terra Roxa Legítima. *Bragantia*, v. 20, p. 1203-9, 1961.

HADAS, A.; WOLF, D.; RAWTIZ, E. Residual compaction effects on cotton stand and yields. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 28, n. 3, p. 691-95, 1985.

HAKANSON, I. Soil tillage for crop production and for protection of soil and environmental quality: a Scandinavian view-point. *Soil & Tillage Research*, n. 30, p.109-24, 1994.

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

IAPAR. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. *Amostragem de solo para análise química: plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagens e capineiras*. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1996. 28 p. (Circular Iapar, 90)

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. *Soil Water Conservation*, v.36, p.341-343, 1981.

LARSON, W.E.; OSBORNE, G.J. Tillage accomplishments and potential. In: Predicting tillage effects on soil physical properties and processes. *ASAE Special Publication*. v. 44, p. 1-12. 1982.

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

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

LIMA, E.P.; SALVADOR, N.; FARIA, M.A. Efeitos de restos culturais de milho (*Zea mays* L.) e sistemas de preparo do solo sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado e retenção de umidade do solo. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. *Anais...* Campina Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997. 1 CD-ROM.

LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 11, p. 71-5, 1987.

LOPES, A. Unesp Jaboticabal testa biodiesel que pode garantir a criação de empregos. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, São Paulo, v. 114, n. 9, Seção II, p. 2. 15-01-2004.

LOPES, A. *Biodiesel em trator agrícola: desempenho e opacidade*. 2006. 158 f. Tese (Livre-docência em Mecanização Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

LOPES, A.; GROTTA, D. C. C.; FURLANI, C. E. A.; CAMARA, F. T.; DABDOUB, M. J.; HURTADO, G. R. Biodiesel etílico de óleo residual: consumo de combustível de um trator agrícola em função do percentual de mistura biodiesel e diesel de petróleo. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 3., 2004, Belém. *Anais...* Belém: Associação Brasileira de Engenharia Mecânica, 2004. 1 CD-ROM.

LUCARELLI, J.R.F.; DANIEL, L.A.; ESPÍNDOLA, C.R. 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.

MACIEL, A.J.S.; BOLLER, W.; GAMERO, C.A.; GABRIEL FILHO, A. Esforço tratório requerido por quatro arados no preparo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. *Anais...* Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997. 1 CD-ROM.

MEYER, L.D.; MANNERING, J.V. Tillage and land modification for water erosion control. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. *Tillage for greater crop production*. St. Joseph, 1967. p. 59-62. (ASAE Publication Proc. 162)

MIRANDA, F.R.; OLIVEIRA, F.N.S.; ROSA, M.F.; LIMA, R.N. Efeito da cobertura morta com a fibra da casca de coco sobre a temperatura do solo. *Revista Ciência Agronômica*, v.35, n.2, p.335 – 339, 2004.

MONTEIRO JÚNIOR, N.; SOUZA, P. H. G.; PEREIRA, R. E.; CARVALHO, L. M.; FARIA, W. L. S.; SALES, A. S.; BON, E. P. S.; ARANDA, D. A. G. Produção de biodiesel etílico utilizando misturas de óleo de fritura e óleo de soja por catálise básica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CATÁLISE, 12., 2003, Angra dos Reis. *Anais...* Angra dos Reis: Sociedade Brasileira de Catálise, 2003. v. 2, p. 947.

MORAES, M.H.; BENEZ, S.H. Efeitos de diferentes sistemas de preparo do solo em algumas propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada e na produção de milho para um ano de cultivo. *Engenharia Agrícola*, v. 16, n. 2, p. 31-41, 1996.

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

PARENTE, E. J. S. *Biodiesel: uma aventura tecnológica em um país engraçado*. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2003. 65 p.

PEIXOTO, R.T.G.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M.J. Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTIO DIRETO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1., 1997, Ponta Grossa. *Anais...* Ponta Grossa: Instituto Agrônomo do Paraná, 1997. p. 275.

PIMENTEL GOMES, F. *A estatística moderna na pesquisa agropecuária*. 3. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 162 p.

PINHO, N.J.F. *Arado de aivecas: desempenho operacional em função do número de corpos e do tamanho das relhas*. 1992. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1992.

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

RALISCH, R. *Efeitos de três sistemas de manejo no estado estrutural de um latossolo roxo*. 1995. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1995.

SALAZAR, E. *Óleos vegetais: combustíveis alternativos*. 2002. Cidade Virtual: Bionline. Pelotas. Disponível em <<http://www.terra-cidadevirtual.html>>. Acesso em: 19 dez. 2002.

SALVADOR, N. *Consumo de energia na operação de subsolagem realizada antes e depois de sistemas de preparo periódico do solo*. 1992. 166 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1992.

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.

SCHUMACHER, L. Biodiesel lubricity. In: KNOTHE, G.; GERPEN, H. V.; KRAHL, J. (Ed.). *The biodiesel handbook*. Illinois: AOCS PRESS, 2005. Cap. 6.5.

SECCO, D.; REINERT, D.J. Efeito imediato e residual de escarificadores em Latossolo Vermelho Escuro sob plantio direto. *Engenharia Agrícola*, v.16, n. 3, p. 52-61, 1997.

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

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

SLONEKER, L.L.; MOLDENHAUER, W.C. Measuring the amounts of crop residue remaining after tillage. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 32, n. 5, p. 231-35, 1977.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.4, p.835-840, 2000.

SUAREZ, P. A. Z. Pesquisadores tentam viabilizar produção de biocombustível. *Gazeta Mercantil do Distrito Federal*, Brasília, 28 maio 2002. p. 5.

VIEIRA, M.J. *Perdas por erosão sob diferentes sistemas de preparo do solo para cultura da soja (Glycine max (L.) Merrill), em condições de chuva simulada*. 1997. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

UNESP. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”–
CÂMPUS DE JABOTICABAL. Departamento de Ciências Exatas: Estação
meteorológica - Dados normais. 2006. Disponível em: <www.fcav.unesp.br>. Acesso
em: 7 jan. 2006.

WUNSCHE, W.; DENARDIN, J.E. Conservação e manejo dos solos – I Planalto
Riograndense. Considerações Gerais. *Circ. Téc. Cent. Nac. Pesqui. Trigo*, n. 2, p. 1-20,
1980.

APÉNDICE

APÊNDICE 1. Especificações técnicas dos tratores.

Item		Trator 1	Trator 2
Marca		VALTRA	VALTRA
Modelo		BM 100	BH 140
Motor			
Marca		Valtra	Valtra
Modelo		420DS	
Tipo		Turbo alimentado	Turbo alimentado
Arrefecimento		Líquido	Líquido
Cilindrada		4400 cm ³	6600 cm ³
Nº de cilindros		4	6
Potência máxima no motor		74 kW (100 cv)	103 kW (140 cv)
Rotação de potência máxima		2300 rpm	2400 rpm
Torque máximo		367 Nm	475 Nm
Rotação de torque máximo		1400 rpm	1400 rpm
Bomba injetora		ROTATIVA	ROTATIVA
Tanque de combustível		140 litros	270 litros
Número de marchas		16 + 8 RÉ	16 F + 8 RÉ
Dimensões			
Distância entre eixos		2525 mm	2763 mm
Bitola máxima		2240 mm	2128 mm
Altura da barra de tração		400 mm	400 mm
Distribuição de massa Trator sem lastro	Dianteiro	1406 kg	2020 kg
	Traseiro	2109 kg	3030 kg
	Total	3515 kg	5050 kg
Distribuição de massa Trator com lastro	Dianteiro	2160 kg	2930 kg
	Traseiro	3240 kg	4395 kg
	Total	5400 kg	7325 kg

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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