

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA

ANDERSON WASILEWSKI

Viabilidade econômica e desempenho de um trator agrícola utilizando
biocombustível extraído do óleo de girassol

Maringá
2016

ANDERSON WASILEWSKI

Viabilidade econômica e desempenho de um trator agrícola utilizando
biocombustível extraído do óleo de girassol

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Mestrado Profissional, do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agroecologia, área de concentração: Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Pinheiro Neto.

Maringá
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

W319v Wasilewski, Anderson, 1980-
Viabilidade econômica e desempenho de um trator agrícola utilizando biocombustível extraído do óleo de girassol / Anderson Wasilewski. -- Maringá, 2016. xi, 63 f. : figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Pinheiro Neto.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, 2016.

1. Tratores agrícolas - Óleo Vegetal - Viabilidade econômica e desempenho. 2. Biocombustível - Mecanização agrícola - Consumo. 3. Tratores agrícolas - Custo Horário. 4. Tratores agrícolas - Patinagem. 5. Girassol (*Helianthus annuus* L.) - Biocombustível. 6. Agroecologia. I. Pinheiro Neto, Raimundo, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia. III. Título.

CDD 23.ed. 631.372

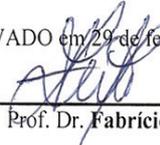
GVS-002747

ANDERSON WASILEWSKI

VIABILIDADE ECONÔMICA E DESEMPENHO DE UM TRATOR
AGRÍCOLA UTILIZANDO BIOCOMBUSTÍVEL EXTRAÍDO DO ÓLEO DE
GIRASSOL

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá,
como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em
Agroecologia, para obtenção do título de mestre.

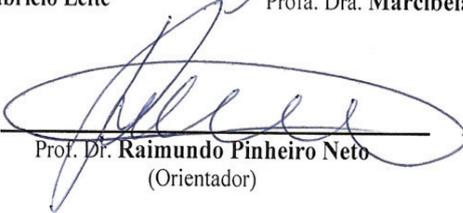
APROVADO em 29 de fevereiro de 2016.



Prof. Dr. Fabrício Leite



Profa. Dra. Marcibela Stülp



Prof. Dr. Raimundo Pinheiro Neto
(Orientador)

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.
(Marthin Luther King).

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo presente da vida, sempre com saúde, e por sempre estar comigo no dia a dia, dando-me força para executar minhas tarefas.

À minha família, que sempre confiou em meu trabalho e torceu para o meu sucesso.

Ao Professor Dr. Raimundo Pinheiro Neto, meu Orientador, por sua paciência e pelas valiosas colaborações para que o presente trabalho tomasse corpo e pudesse ser concluído.

Ao Professor Dr. Reny Adilmar Prestes Lopes, por seus conselhos e sugestões.

À Professora Dr^a Katia Regina Freitas Schwan-Estrada, pela motivação e apoio.

A todos os Professores e Funcionários da Universidade Estadual de Maringá que ajudaram na construção e conclusão desta obra.

A todos os meus amigos da Pós-Graduação, em especial, à amiga Gisiane July Ströher, que sempre me incentivou e auxiliou.

À Gerente Regional da Emater, de Ivaiporã, Vitoria Maria Montenegro Holzmann, e aos meus amigos e colegas de trabalho da Emater, de Cândido de Abreu, Neudes Lins, Jairo Luiz Brietzke e Osvaldo Matyak, pela compreensão durante esta caminhada.

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

BIOGRAFIA

ANDERSON WASILEWSKI, Filho de Julia Havryluky Wasilewski e de Artur Wasilewski, nasceu em Cândido de Abreu, estado do Paraná, aos 16 dias do mês de setembro de 1980.

Concluiu, no ano de 1997, o curso Técnico em Agropecuária, no Colégio Agrícola Estadual Augusto Ribas / Universidade Estadual de Ponta Grossa, na cidade de Ponta Grossa, estado do Paraná, recebendo bolsa de estudos cedida pelo Colégio Agrícola.

No período de 1998 até início de 2001, aplicou os conhecimentos adquiridos no colégio agrícola na propriedade rural da família, realizando atividades de campo.

Entre 2001 e final de 2003, atuou profissionalmente como monitor de nível médio na Casa Familiar Rural (ARCAFAR), de Cândido de Abreu.

Entre dezembro de 2003 até fevereiro de 2006, trabalhou como orientador de produção de fumo na Universal Leaf Tabacos Ltda, atendendo produtores nos municípios de Reserva, Tibagi, Curiúva, Imbáu e Ortigueira do estado do Paraná.

De fevereiro a outubro de 2007, atuou no setor florestal como encarregado de operações florestais na Plantar S/A, nos municípios de Rio Branco do Ivaí, Sapopema, Curiúva e Reserva do Estado do Paraná, função na qual coordenava o trabalho de um grupo de funcionários em atividades pertinentes ao setor florestal.

Em dezembro de 2007, assumiu o concurso da Emater-PR, onde trabalha até hoje como extensionista, no município de Cândido de Abreu, Paraná.

Em 2012, concluiu o Curso de Licenciatura em História, pela Unopar, sistema EAD, com bolsa de estudos oferecido pelo PROUNI.

Em março de 2014, iniciou no Curso de Mestrado Profissional em Agroecologia, área de concentração em Agroecologia, pela Universidade Estadual de Maringá, defendendo a Dissertação em fevereiro de 2016.

Viabilidade econômica e desempenho de um trator agrícola utilizando biocombustível extraído do óleo de girassol

RESUMO

A mecanização agrícola ganha cada vez mais espaço no setor agropecuário, pois se tornou indispensável para o desenvolvimento da agricultura, tanto com bases convencionais como agroecológicas. Hoje, percebe-se que, além das reservas petrolíferas estarem limitadas e propensas a se tornarem finitas em um futuro próximo, ainda colaboram para a poluição gerada com o uso dos combustíveis fósseis. Os biocombustíveis surgem como uma fonte alternativa aos combustíveis fósseis, fato este que vai ao encontro dos princípios agroecológicos. O óleo vegetal pode ser usado como combustível, constituindo um biocombustível, produzido a partir de diversas plantas oleaginosas, sendo biodegradável e de fonte renovável. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica e desempenho de um trator agrícola MF 275, 4x2, alimentado com óleo diesel comercial (80%) e a mistura deste com óleo vegetal de girassol (20%). O ensaio foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizado, em esquema fatorial 2 x 3 x 2 (12 tratamentos), com quatro repetições. O primeiro fator representa o diesel comercial (100%) - OV₀ e a mistura de óleo diesel comercial (80%) com óleo vegetal de girassol (20%) - OV₂₀; o segundo fator foram as velocidades teóricas de deslocamentos 3, 4 e 5 km h⁻¹; o terceiro fator trata-se da carga submetida ao motor com o triturador de palha horizontal acoplado ao trator, sendo Com Carga (CC) – com acionamento da tomada de potência e Sem Carga (SC) – sem acionamento da tomada de potência. A escolha do triturador de palha horizontal foi por ser uma máquina de preparo e manejo da palha e restos culturais. Nas condições exploradas, os resultados evidenciaram que não houve alteração no consumo de combustível em ambos os combustíveis testados. O trator com carga obteve os maiores valores de patinagem em relação ao trator sem carga. O trator alimentado com OV₂₀ apontou um custo horário 7% maior, apresentando-se inviável economicamente em comparação com o diesel comercial B S10.

Palavra(s)-chave: Consumo; Custo Horário; Patinagem, *Helianthus annuus* L., Óleo Vegetal.

Economic viability and performance of an agricultural tractor using biofuel extracted from the sunflower oil

ABSTRACT

The agricultural mechanization is increasingly gaining more space in the farming sector, because it became indispensable for the agricultural development, both conventional basis and agroecological. Today it is clear that besides the oil reserves are limited and finite in a near future, they still collaborate to the pollution generated by the use of fossil fuels. Biofuels emerge as an alternative source to fossil fuels, fact that goes with the agroecological principles. The vegetable oil can be used as fuel, constituting a biofuel, produced from several oleaginous plants, being biodegradable and of renewable source. Therefore, this study aimed to evaluate the economic viability and performance of an MF 275, 4x2 agricultural tractor, fueled with commercial diesel (80%) and a mixture thereof with sunflower vegetable oil (20%). The experiment was conducted at the Universidade Estadual de Maringá Experimental Farm, in Maringá – PR. It was used the randomized block design in a factorial scheme 2 x 3 x 2 (12 treatments), with four replications. The first factor represents the commercial diesel (100%) – OV₀ and a mixture of commercial diesel (80%) with sunflower vegetable oil (20%) – OV₂₀, the second factor were the theoretical travel speeds 3, 4 and 5 km/h⁻¹, and the third factor is the load: submitted to the tractor With Load (CC) horizontal straw chopper coupled to the tractor with actuation of the power outlet and Without Load (SC) without actuation of the power outlet. The choice of the horizontal straw chopper was made because it is a machine of preparation and management of straw and crop residues. In the exploited conditions the results showed that there was no change in fuel consumption in both tested fuels. The tractor with load got the highest skating levels related to the tractor without load. The tractor fueled with OV₂₀ showed a time-cost 7% higher, presenting uneconomical compared to commercial diesel B S10.

Keywords: Consumption; Time Cost; Skating, *Helianthus annuus L.*; Vegetable Oil.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Algumas características de óleos vegetais, biodiesel e diesel.....	6
Tabela 2. Principais diferenças entre o óleo vegetal natural e o biodiesel.....	10
Tabela 3. Principais estados brasileiros produtores de Girassol – Safra brasileira 2013/14.....	12
Tabela 4. Características de culturas oleaginosas cultivadas no Brasil quanto ao teor de óleo e rendimento de óleo por hectare.....	16
Tabela 5. Representação do esquema fatorial 2 x 3 x 2 utilizado no experimento.....	29
Tabela 6. Descrição dos tratamentos utilizados no experimento.....	30
Tabela 7. Síntese da análise de variância e do Teste de médias para consumo – Valores médios de consumo ($L h^{-1}$) de óleo diesel B S10 (OV_0) e mistura de óleo diesel B S10 com óleo vegetal de girassol na proporção 80+20 (OV_{20}), sob efeito do trator operando com e sem carga em 3 velocidades teóricas de deslocamento	38
Tabela 8. Síntese da análise de variância e do Teste de médias para Patinagem.....	41
Tabela 9. Valores levantados dos itens usados para determinação do custo horário do trator.....	45
Tabela 10. Resultados da análise de custo horário do trator.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolução da oferta interna de energia no Brasil.....	4
Figura 2. Evolução dos bicomcombustíveis no Brasil.....	5
Figura 3. Principais oleaginosas produzidas no Brasil e suas respectivas regiões de melhor adaptação.....	7
Figura 4. Localização da Área experimental.....	22
Figura 5. Vista geral do local do experimento.....	22
Figura 6. Combustíveis utilizados no experimento: OV ₁₀₀ – óleo vegetal de girassol (A); OV ₀ – óleo diesel comercial B S10 (B); OV ₂₀ – Óleo diesel comercial B S10 (80%) + óleo vegetal de girassol (20%) (C).....	23
Figura 7. Máquinas utilizadas no experimento – Trator MF 275 (A); Triturador de palha horizontal (B).....	24
Figura 8. Tanque improvisado de combustível – mangueira transparente sendo afixada (A); tanque de combustível improvisado instalado (B).....	25
Figura 9. Fluxômetro volumétrico modelo oval M-III.....	26
Figura 10. Radar (R) para medir a velocidade real de deslocamento.....	27
Figura 11. Geradores de pulsos instalados no trator para determinar a patinagem das rodas motrizes.....	27
Figura 12. Central de armazenamento de dados Micrologger CR23X.....	28
Figura 13. Croqui da distribuição dos tratamentos na área do experimento.....	31
Figura 14. Tela inicial do programa computacional – SADMA.....	32
Figura 15. Valores médios comparativos de consumo de combustível do fator tipo de combustível em função da velocidade.....	39
Figura 16. Valores médios comparativos para o consumo de combustível do fator carga em função das velocidades estudadas.....	40
Figura 17. Valores médios comparativos para o consumo de combustível do fator tipo de combustível em função da carga.....	40
Figura 18. Valores médios comparativos para o percentual de patinagem do fator tipo de combustível em função da velocidade.....	42
Figura 19. Valores médios comparativos para o percentual de patinagem do fator tipo de combustível em função da Carga.....	43

Figura 20. Valores médios comparativos para o percentual de patinação, do fator carga em função da velocidade.....	44
Figura 21. Participação relativa dos componentes do custo horário do Trator MF 275 alimentado com óleo diesel comercial.....	47
Figura 22. Participação dos componentes do custo horário do Trator MF-275 alimentado com mistura de óleo diesel comercial B S10 (80%) e Óleo vegetal de girassol (20%)	48

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1. Energia de origem fóssil e biocombustíveis.....	3
2.2. Biocombustíveis no cenário nacional.....	3
2.3. Biodiesel.....	6
2.4. Óleo vegetal como combustível.....	9
2.5. Óleo diesel.....	11
2.6. Girassol (<i>Helianthus annuus</i> L.).....	11
2.6.1. Girassol e suas vantagens em cultivos agroecológicos e convencionais.....	14
2.6.2. Biocombustível de girassol.....	15
2.7. Manejo de restos culturais e da cobertura do solo.....	17
2.8. Uso do triturador de palha horizontal.....	17
2.9. Desempenho operacional do trator.....	19
2.9.1. Consumo horário de combustível.....	19
2.9.2. Patinagem.....	19
2.10. Custo horário do trator.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Material.....	22
3.1.1. Área experimental.....	22
3.1.2. Óleo diesel.....	23
3.1.3. Biocombustível.....	23
3.1.4. Máquinas e equipamentos utilizados.....	24
3.1.4.1. Trator.....	24
3.1.4.2. Triturador de palha horizontal.....	24
3.1.4.3. Tanque improvisado de combustível.....	24
3.1.4.4. Equipamento para determinação do tempo de percurso na parcela.....	25
3.1.4.5. Equipamento para determinação do consumo de combustível.....	25
3.1.4.6. Equipamento para medição da velocidade real de deslocamento.....	26

3.1.4.7. Equipamento para obtenção da patinagem do rodado traseiro.....	27
3.2. Métodos.....	28
3.2.1. Sequência de operações.....	28
3.2.2. Delineamento experimental.....	29
3.2.3. Tratamentos.....	29
3.2.4. Procedimento experimental e tempo de percurso.....	31
3.2.5. Velocidade teórica de deslocamento.....	31
3.2.6. Consumo de combustível.....	31
3.2.7. Sistema de análise de desempenho de máquinas agrícolas – SADMA.....	32
3.2.8. Avaliação estatística.....	32
3.2.9. Custo horário do trator.....	33
3.2.9.1. Cálculo do Custos Fixos (CF).....	33
3.2.9.2. Custos Variáveis (CV).....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
4.1. Consumo horário volumétrico de combustível.....	37
4.2. Patinagem.....	41
4.3. Custo horário do trator com os combustíveis utilizados no experimento.....	44
5 CONCLUSÃO.....	49
6 RECOMENDAÇÕES.....	50
7 REFERÊNCIAS.....	51
8 APÊNDICE.....	62

1 INTRODUÇÃO

A intenção de realizar atividades agropecuárias visando à sustentabilidade exige que se englobe todos os meios possíveis para isso. Assim, quando se aplica os manejos sustentáveis dentro da atividade, em especial a produção agroecológica, as operações de trabalho manuais ou mecânicas devem se ater a essa filosofia.

O rendimento nas atividades agropecuárias apresenta resultados mais satisfatórios com o uso da mecanização, pois, além de suprir a falta de mão de obra no campo, proporciona uma qualidade uniforme de trabalho, satisfazendo aos anseios do agricultor com relação às atividades que estão sob seu controle.

A maioria das culturas comerciais requer que o solo seja preparado previamente para que o plantio ocorra de forma satisfatória e as sementes encontrem condições de germinar com obstáculos físicos possíveis de serem rompidos. O manejo da palhada é uma forma de preparo de solo que pode ser realizado, tanto com equipamentos de tração animal quanto com equipamentos acoplados ao trator, como o triturador de palha horizontal.

Os motores de grande parte das máquinas agrícolas utilizam para a geração de energia mecânica o combustível oriundo do petróleo. Não somente o setor agropecuário utiliza-se do petróleo, mas também os demais sistemas de produção. Frente a isso, busca-se incansavelmente garantias de abastecimento desse combustível para o futuro. Já é sabido que as reservas petrolíferas se esgotarão, motivo pelo qual estudos e tecnologias de uso de combustíveis alternativos estão sendo desenvolvidas de forma a permitir a viabilização de sua utilização, pois trata-se de combustíveis renováveis. (RATHMAN et al., 2005; SORANSO et al., 2006).

Entre as alternativas de combustível que podem ser obtidas por meio de biomassa, capaz de fazer funcionar um motor de ignição por compressão, destaca-se o óleo vegetal. Para avaliar o desempenho que se desencadeia com o uso deste, torna-se fundamental o conhecimento detalhado do funcionamento das máquinas, utilizando como combustível o óleo vegetal puro ou em porcentuais de mistura com o diesel. O consumo, além de outros dados de interesse de eficiência operacional, pode ser obtido por meio de experimentos de desempenho.

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma cultura com boa adaptabilidade em todo o território nacional, devido à sua rusticidade e resistência à seca. Possui um alto teor de óleo, que varia de 38,0 a 48,0%, o que lhe confere um rendimento que pode chegar a 1,90 toneladas por hectare plantado (BRASIL, 2006).

Alguns exemplos de testes de uso de óleos vegetais como combustíveis são encontrados. Muitos destes testes usando o óleo na forma bruta, os quais apresentavam resultados insatisfatórios, principalmente com prejuízos a componentes internos do motor (MAZIERO et al., 2007). Porém, o óleo vegetal filtrado e pré aquecido antes da injeção no motor pode ser a solução potencial para este tipo de problema, embora haja a necessidade de estudos mais aprofundados a respeito do uso destes óleos como combustíveis (ELSBETT, 2008).

O óleo vegetal extraído a frio e filtrado a 0,5 micron permite que o sistema de injeção não seja prejudicado, considerando uma bomba injetora de combustível para 1,0 micron (GUERRA e FUCHS, 2009a).

Nessa perspectiva, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica e desempenho de um trator agrícola utilizando biocombustível extraído do óleo de girassol.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Energia de origem fóssil e biocombustíveis

A maior parte da energia que move os motores das máquinas provém de reservas de combustíveis fósseis, as quais têm disponibilidade limitada. Com o crescimento da economia de alguns países, em especial a Índia e a China, a demanda por combustíveis se torna ainda mais expressiva, implicando no consumo significativo de petróleo, recurso este cujas reservas são esgotáveis (MARONEZI e PRUCOLI, 2009).

Lindfeldt e Westemark (2009) afirmam que, aproximadamente, 80% da energia primária utilizada nos diversos setores industriais de todos os continentes provém de combustíveis fósseis, sendo mais de 57% utilizadas somente para o setor de transportes. Ultimamente, é constante a preocupação em relação ao aquecimento global e outros prejuízos causados ao meio ambiente pelo uso destas fontes energéticas (ESCOBAR et al., 2009).

Para a Organização das Nações Unidas (ONU), baixar as emissões de CO₂ é um desafio, haja vista a população mundial crescer em escala ascendente, ocasionando um consumo maior de energia. Neste sentido, investimentos em fontes alternativas ao combustível fóssil, acreditam-se ser a única solução (ECODEBATE, 2011).

O receio de que as reservas de petróleo se esgotem nas próximas décadas e o conhecimento dos prejuízos ambientais que o uso de combustíveis provenientes do petróleo causam têm impulsionado as pesquisas em busca de formas alternativas para o uso de energia. Espera-se que estas formas alternativas também apresentem economia para sua produção, causando mínimo de dano possível ao ambiente. Neste contexto, a energia oriunda da biomassa vegetal apresenta características que se aproximam destes anseios, principalmente por ser renovável.

De acordo com Brasil (2015a, p. 1), a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP) define os biocombustíveis como: “Derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia”.

2.2. Biocombustíveis no cenário nacional

O Brasil é um país privilegiado, pois possui solos e climas apropriados para a produção de biomassa, de modo a atender às demandas energéticas do país. Seu vasto território oferece condições de produzir diferentes plantas com produção de biomassa variável

em suas cinco regiões, garantindo um leque de opções de matéria prima para geração de energia. Essas condições justificam o status de potência ambiental e energética atribuído ao Brasil. O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) prevê que o Brasil, em 2020, seja a matriz energética mais limpa do mundo, em um comparativo de 2010 (Figura 1), conforme a participação das fontes renováveis (TOLMASQUIM, 2012).

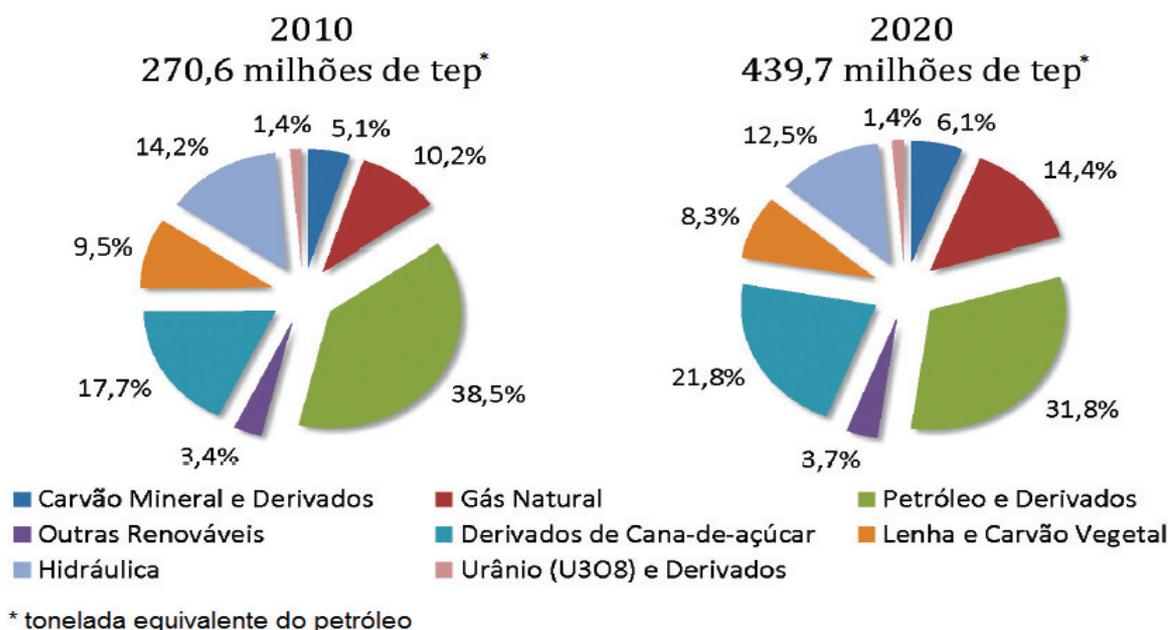


Figura 1. Evolução da oferta interna de energia no Brasil.
Fonte: Tolmasquim (2012).

Segundo a Agência Nacional de Petróleo, gás natural e biocombustível (ANP), no Brasil, 42% da energia e 13% dos combustíveis utilizados em transportes são de fontes renováveis. Para o restante do mundo, essa média é de 13,20% (BRASIL, 2015a).

Os biocombustíveis foram utilizados no Brasil em 1931, quando na ocasião o governo autorizou a mistura de 2 a 5% etanol, oriundo da cana-de-açúcar, na gasolina, conforme comportava a produção da época. Quarenta e quatro anos depois, cria-se o Pró álcool (Programa Nacional do Álcool), o qual tinha por objetivo substituir parcialmente a gasolina por álcool etanol. Tal programa foi considerado um dos maiores do mundo referente à produção de energia renovável (BRASIL, 2006).

Durante o período da segunda guerra mundial, devido à falta de petróleo, que se desencadeara naquele período hostil da história, foram realizadas no Brasil algumas pesquisas referentes ao biodiesel e a alguns combustíveis de origem vegetal. Entretanto, somente mais

tarde, por volta dos anos 70, devido à crise energética que se estabeleceu no país, é que houve, de forma mais significativa, pesquisas relacionadas ao biodiesel (BRAVO, 2007).

Com o objetivo de diminuir a dependência de importação do petróleo, além de aumentar a geração de emprego e renda, desenvolvimento regional, inclusão social e redução de emissão de gases poluentes, o governo federal criou, em 2002 o Programa Brasileiro de Biocombustíveis (FREITAS, 2007). Já em 2004, o governo federal lançou o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) e, no início de 2005, a Lei nº 11.097/2005, servindo como incentivo para a produção de biocombustíveis em todas as suas cadeias produtivas em nível nacional. O PNPB tinha como objetivos introduzir o biodiesel na matriz energética do país, com preço acessível e boa qualidade, além da inclusão social na sua cadeia produtiva, com a participação mais efetiva da agricultura familiar no processo produtivo e a possibilidade de produção de oleaginosas nas diversas regiões do país, de acordo com a aptidão edafoclimática de cada região. A partir de então, no início de 2008, tornou-se obrigatória a mistura de 2% de biodiesel (B2) no diesel mineral e, em 2010, antecipada em três anos a meta pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), este percentual foi elevado para 5% (B5) (BRASIL, 2013).

Em 2014, a Lei nº 13.033 estabeleceu o percentual de adição de biodiesel no diesel de 6%, a partir de 1º de julho de 2014 (Figura 2), aumentando para 7% a partir de 1º de novembro de 2014 (BRASIL, 2014b).

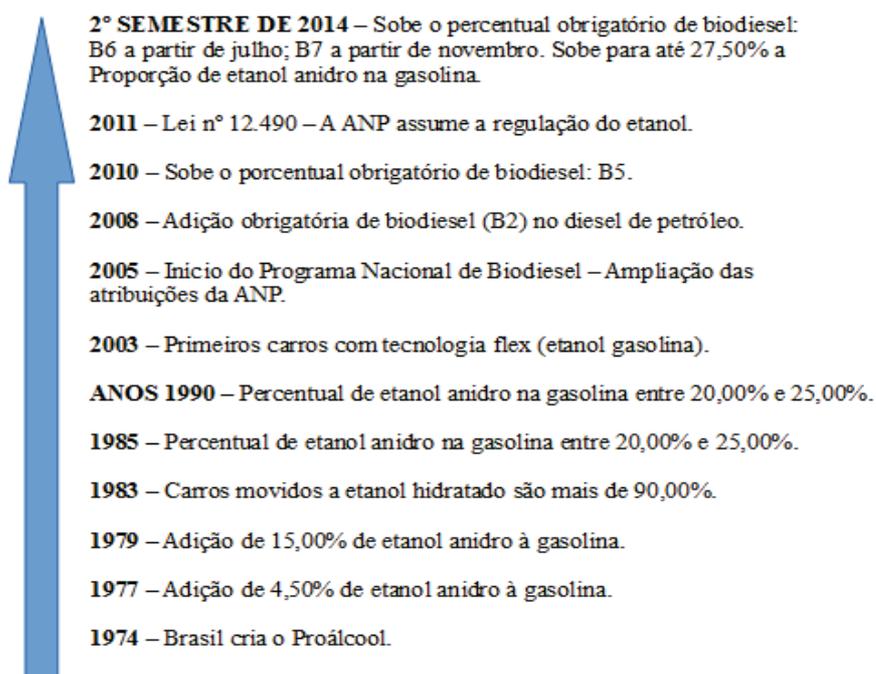


Figura 2. Evolução dos bicombustíveis no Brasil.
Fonte: Brasil (2015a).

De acordo com Maziero e Corrêa, (2004), com a intenção de substituir o óleo diesel ou validar misturas com ele, vários estudos na década de 80 foram realizados com óleos vegetais oriundos de canola, soja, algodão, girassol, etc. O óleo vegetal puro movimenta um motor de ciclo diesel, sem perdas significativas na potência do motor, embora, ao longo do tempo, possa ocorrer alguns problemas, como falhas no sistema de alimentação, depósito de carvão nos pistões e nos bicos injetores e alteração no óleo lubrificante. Por estas razões e para poder ser utilizado em motores o óleo vegetal bruto passou a ser modificado quimicamente, tornando-se o que conhecemos hoje como biodiesel.

Destacam-se como biocombustíveis: biodiesel, óleo vegetal, biogás e o álcool, os quais se diferenciam pelas técnicas de produção e processamento. Para o uso de biodiesel de óleo vegetal, não há necessidade de adaptação nos motores. O biogás precisa de motores adaptados ou construídos exclusivamente para seu uso, com a finalidade de gerar energia térmica, elétrica ou mecânica. O álcool combustível também necessita de motores adaptados para poder ser utilizado (GUERRA e FUCHS, 2010).

Algumas características de Biodiesel de girassol, óleo diesel, óleo vegetal de soja, mamona, dendê e girassol são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Algumas características de óleos vegetais, biodiesel e diesel

Características	Tipo de óleo					
	Mamona	Soja	Dendê	Girassol	Biodiesel girassol	Diesel
Poder Calorífico Kcal/kg	8913	9421	8946	9433	9552	10950
Ponto de Névoa	10	13	31	-6,6	3	0
Número de Cetano	Nd	36-39	38-40	33	47-51	47
Densidade a 25°C	0,9578	Nd	0,9118	0,9235	0,8912	0,8497
Viscosidade a 37,8°C	285,00	36,80	36,80	35,00	4,20	2,00-4,30

Fonte: Maziero, (2007).

2.3. Biodiesel

A Agência Nacional do Petróleo (ANP), em sua Resolução nº 07, de 19 de março de 2008, inclui a definição do biodiesel, dada pela Lei 11.097, de 13 de janeiro de 2005:

[...] combustível para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão, renovável e biodegradável, derivado de óleos vegetais ou de gorduras animais, que possa substituir parcial ou totalmente o óleo diesel de origem fóssil (BRASIL, 2008, p. 1).

A alta viscosidade na composição do biodiesel o torna interessante e muito atraente na adição ao diesel, prática comum em vários países do mundo. Outros fatores vantajosos é que, em caso de vazamento, o biodiesel possui maior degradabilidade e sua fonte de origem é renovável, atendendo assim aos apelos ambientais da sociedade, o que o torna uma imprescindível estratégia energética (PIMENTA JUNIOR, 2013).

De acordo com Goes e Marra (2008), fontes vegetais e por isso renováveis, como babaçu, mamona, palma, girassol, dendê, etc., podem ser matéria prima para a fabricação de biodiesel, o nome dado a combustíveis aditivos que derivam destas fontes e que, além de vegetais, podem ser também de origem animal.

São diversas as opções de matéria prima para a fabricação de biodiesel, (LEITE e BRAGA, 2008). No Brasil (Figura 3), um país de dimensões continentais, que possui em torno de 851 milhões de hectares, destacam-se as plantas oleaginosas, como a soja, a mamona, o girassol e o dendê, entre outras, que podem ser cultivadas com facilidade e utilizadas como matéria prima para o biodiesel (OLIVEIRA, 2012).



Figura 3. Principais oleaginosas produzidas no Brasil e suas respectivas regiões de melhor adaptação
Fonte: Oliveira (2012).

Deve-se levar em consideração todo o processo em que está inserida a produção de biodiesel, para avaliar se de fato não há prejuízo ao meio ambiente, não só à produção de biomassa como também seu processo de transformação. Parente (2004) salienta que, para a obtenção do biodiesel, o álcool utilizado na reação pode ser de origem vegetal ou mineral. Quando o álcool é de origem mineral, apenas é reabsorvido um percentual de CO₂ produzido pela combustão do biodiesel, que se refere à queima do óleo vegetal. Neste caso, ocorre em torno de 78% de redução na emissão de gases que causam o efeito estufa e de 98% de enxofre, o qual auxilia na diminuição do aquecimento global, pois se sabe que o enxofre presente no diesel mineral é prejudicial ao homem e ao ambiente local. Quando o álcool usado nesse processo é de origem vegetal, o gás carbônico, que se origina da combustão do biodiesel, é totalmente reabsorvido pela ação fotossintética das plantas das safras cultivadas das espécies que produzem o álcool e o óleo. Soma-se a esses benefícios a melhoria da fertilidade do solo, como a nitrogenação natural, característica da maioria das espécies de plantas produtoras de óleo.

Segundo dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), em 2014, o Brasil comercializou 60 bilhões de litros de diesel, representando mais de 40,0% dos combustíveis comercializado no país, o qual, nesse mesmo ano, comercializou em torno de 144,50 bilhões de litros de combustível. No caso do biodiesel, o crescimento foi de 16,4%, totalizando 3,40 bilhões de litros. Esse crescimento refere-se ao aumento do percentual de biodiesel ao diesel, de 5,0% para 7,0%, entre julho e novembro do corrente ano. (BRASIL, 2014a, BRASIL, 2014b).

O biogás ou gás natural necessita de adaptações aos motores de combustão interna de ciclo diesel para efetivar seu uso. O biodiesel não tem esta necessidade, adaptando-se facilmente a esses motores. Esta é uma de suas principais vantagens em relação aos demais combustíveis, além de não haver registros de perda na eficiência térmica ou qualquer tipo de alteração de origem técnica no propulsor. O biodiesel Torna-se, assim, uma alternativa interessante, sendo capaz de atender à demanda do setor brasileiro de transportes (SORANSO, 2008; D'AGOSTO, 2004).

Nos Estados Unidos e em alguns países da Europa, como França e Alemanha, há uma frota considerável de veículos circulando com biodiesel, em misturas que chegam a 20% (B20). Tal procedimento, no Brasil, não se aconselharia sem antes realizar estudos mais detalhados e experiências de viabilidade (MAZIERO e CORRÊA, 2007).

2.4. Óleo vegetal como combustível

Historicamente, a introdução do óleo vegetal como combustível surge no fim do século XIX, quando o motor de combustão interna foi inventado por Rudolf Diesel (MAJEWSKI e JÄÄSKELÄINEN, 2009; FUCHS, 2007). Na ocasião, foram utilizados o óleo de amendoim e o petróleo como combustível. Além do óleo de amendoim, Rudolf Diesel testou outros óleos vegetais, os quais não prejudicaram o funcionamento do motor, e fez a seguinte afirmação:

“O motor a diesel pode ser alimentado por óleos vegetais, e ajudará no desenvolvimento agrário dos países que vierem a utilizá-lo... O uso de óleos vegetais como combustível pode parecer insignificante hoje em dia. Mas com o tempo irão se tornar tão importante quanto o petróleo e o carvão são atualmente” (RUDOLF DIESEL, 1912, citado por BIODIESELBR, 2006, p. 1).

O petróleo, no entanto, teve preferência na época por ser mais barato e por sua oferta ser mais satisfatória. Em algumas ocasiões, principalmente na metade do século XX, quando surgem algumas crises do petróleo, os óleos vegetais foram usados puros em substituição aos combustíveis fósseis (FUCHS, 2007). Após a invenção do motor diesel, com o passar dos anos, tanto o próprio motor quanto o óleo diesel sofreram alterações. No caso do diesel, evoluiu no sentido de diminuir densidade e viscosidade, acompanhando as mudanças que ocorreram no motor. Os óleos vegetais apresentam alta viscosidade e densidade, quando comparados com o óleo diesel nos dias de hoje, tornando-se inviável a sua utilização de forma pura (100%) como combustível. Entretanto, Fuchs (2006) e Guerra e Fuchs (2009b) apontam que é possível e viável utilizar óleo vegetal como combustível, desde que o mesmo seja misturado com o óleo diesel comum, ou então fazendo uma adaptação do motor, com a qual poderá ser utilizado até 100% do óleo vegetal.

Ainda é pouco conhecido o uso de óleo vegetal como combustível, mas, aos poucos, este estigma está sendo quebrado, haja vista o aumento da fabricação e a conversão dos motores para seu uso, terem se tornado mais frequente nos últimos anos, principalmente motores a diesel (GUERRA e FUCHS, 2010).

O processo para obtenção do óleo é simples, como descreve Guerra e Fuchs (2010): “Os óleos vegetais são obtidos pelo esmagamento dos grãos e pela subsequente prensagem a frio, sendo que os materiais suspensos são separados do óleo natural pela sedimentação e posterior filtragem”.

O biodiesel é o combustível que mais se aproxima ao petrodiesel. Isso se deve a características como viscosidade e ponto de ignição semelhante, diferentemente do óleo

vegetal, que possui alta viscosidade. Para reduzir esta viscosidade, uma das soluções apontadas seria o pré-aquecimento com um sistema para este fim, instalado antes da bomba injetora (SCHRIMPF, 2002a).

Schrimppf (2002b) comenta que o biodiesel tem características higroscópicas, ou seja, absorve água e contribui na diluição dos óleos do motor. Assim, faz-se necessário a troca de óleos e filtros do motor em um período de tempo menor, comparado aos motores abastecidos com diesel ou óleo vegetal.

Pimenta Junior (2003) afirma que o processo de validação da utilização de biodiesel teve exaustivos estudos em caminhões, ônibus e tratores, mas poucos estudos em motores estacionários, no caso para a validação do uso do B5. Além disso, os testes não contemplaram adequadamente os combustíveis armazenados nos equipamentos após longas paradas. Tal situação pode ser comum em motores estacionários, como até mesmo em tratores que, porventura, não sejam usados de maneira frequente, ocasião perceptível nas entressafras, por exemplo.

O óleo vegetal apresenta algumas vantagens em relação ao biodiesel. Os riscos ambientais e a inclusão de pequenos produtores rurais são os principais diferenciais a favor dos óleos vegetais (FUCHS, 2006). Estas e outras características são detalhadas na Tabela 02

Tabela 2. Principais diferenças entre o óleo vegetal natural e o biodiesel

Caracterização	Óleo vegetal natural	Biodiesel
Extração	A frio	A frio ou a quente
Processo	Simple	Complexo
Usinas	Pequenas, descentralizadas	Médias e grandes, centrais
Custo de produção por litro	> 1,05	>1,70
Riscos de estocagem	Nenhum, não-explosivo	Alto, explosivo
Risco ambiental	Nenhum	Polui ar, terra e água
Potência (em relação ao diesel)	93,5%	90,0%
Eficiência energética (gasta x obtida)	85,0%	68,0%
Consistência	Estável (estocamento longo tempo)	Instável
Tipo de desenvolvimento para o pequeno agricultor	Diversificação, desenvolvimento local	Monocultura, dependência da usina ou do modelo desigual

Fonte: Fuchs (2006).

2.5. Óleo diesel

O óleo diesel é derivado do petróleo, de origem não renovável e com reservas limitadas. Constituído basicamente por hidrocarbonetos, além de ser um produto inflamável, mediamente tóxico, volátil, límpido, isento de material em suspensão e com odor forte e característico. Utilizado em motores de combustão interna e ignição por compressão, seu uso é aplicado em automóveis, furgões, ônibus, caminhões, tratores, embarcações marítimas, locomotivas, motores estacionários – geradores elétricos (BRASIL, 2015 b).

2.6. Girassol (*Helianthus annuus L*)

O girassol (*Helianthus annuus L.*) é originário do continente norte-americano, pertence à família *Compositae* e tem aproximadamente 67 espécies (PELEGRINI, 1985).

Os indígenas faziam uso do fruto do girassol para a fabricação de bebidas, medicamentos para controle de febre, além de oferecerem como alimentos às aves. Os colonizadores espanhóis, em princípio, fizeram uso do girassol como planta ornamental em seus jardins na Europa (PELEGRINI, 1985).

Estima-se que o girassol chegou ao Brasil com os imigrantes europeus, no século XIX, em São Paulo e nos estados do Sul do Brasil. Esses imigrantes usavam as sementes torradas como alimento e também consumiam nas primeiras refeições do dia, preparando um chá de suas sementes (PELEGRINI, 1985).

A cultura do girassol se mostra como opção interessante de cultivo, pois possui boa adaptabilidade a condições adversas, como seca, frio e calor quando comparada com as demais culturas anuais. Quanto ao seu desenvolvimento, no que se refere ao solo, também apresenta vantagens, como a ciclagem de nutrientes, sendo pouco influenciada em relação ao fotoperíodo, latitude e longitude. Trata-se de uma excelente opção de rotação de culturas (CASTRO et al., 1996).

O sistema radicular é profundo, o que lhe permite explorar grande volume de solo e, conseqüentemente, absorve maior quantidade de água e nutrientes. Por outro lado, o girassol é sensível à compactação e à acidez do solo (EMBRAPA, 2015).

Mundialmente, o seu cultivo do girassol vem crescendo em área e conseqüentemente em produção, sendo observados plantios da cultura em todos os continentes (NIMET et al., 2011).

Ucrânia, Rússia, Argentina e Romênia respondem por 65% da produção mundial. O Brasil, nesse cenário, aparece como 27º produtor, com 109,473 mil toneladas (FAO, 2015).

Na safra 2013/2014, a CONAB estimou uma produção em torno de 232 mil toneladas, em uma área aproximada de 145 mil hectares de terras brasileiras. O Estado do Mato Grosso se destaca como o maior produtor, conforme a Tabela 3

Tabela 3. Principais estados brasileiros produtores de Girassol – Safra brasileira 2013/14

Estados	Produção em mil toneladas	Área em mil hectares	Prod.(kg ha⁻¹)
Mato Grosso	203,3	126,2	1611
Minas gerais	15,6	11,3	1378
Goiás	7,6	4,2	1815
Rio Grande do Sul	5,1	3,3	1535
Mato Grosso do sul	1,1	0,7	1571
Brasil	232,7	145,7	1597

Fonte: Conab, (2015).

Segundo a Conab (2015), o plantio de girassol no Brasil vem ocupando um número maior de hectares a cada ano, devido às suas múltiplas finalidades, sendo previsto para a safra 2014/2015, uma produção de 183 mil toneladas, em um uma área de 119.400 ha⁻¹. Um declínio de área e produção é observado em relação à safra 2013/2014: 145.700 de ha⁻¹. Esse fator decrescente ocorreu devido às condições climáticas não serem favoráveis no momento do plantio, mas, caso a previsão seja confirmada, a safra 2014/2015 se tornará a segunda maior safra histórica de girassol para o Brasil.

O girassol também é muito usado em forma de adubação verde, devido ao seu desenvolvimento inicial rápido, à eficiência da planta na reciclagem de nutrientes e por ser um agente protetor de solos contra a erosão e a infestação de plantas daninhas (EMBRAPA, 2015).

Como normalmente o girassol é cultivado em áreas já agricultáveis, com soja, milho ou trigo, entre outras, os solos estão de modo geral corrigidos e, portanto, sem alumínio tóxico e com teores de nutrientes considerados médios ou adequados. Nesse caso, como o consumo de nutrientes pela cultura não é elevado, os gastos com adubação e consequentemente os custos de produção podem ser reduzidos, aumentando o lucro dos agricultores (EMBRAPA, 2015).

Nacionalmente, há diferenças em relação ao nível tecnológico despendido para a cultura, destacando-se a semeadura direta ou convencional, o uso de sementes híbridas ou variedade, época da realização da semeadura e quantidade aplicada de fertilizantes. Também

observa-se que médias e grandes propriedades cultivam o girassol na região centro-oeste do país, enquanto, no sul, a maioria de seu cultivo é realizada em pequenas propriedades (LAZZAROTTO, ROESSING e MELLO, 2005).

Sobre o aspecto social, a cultura se destaca devido às suas facilidades de extração de óleo por prensagem, inserindo-se dessa forma agricultores familiares. Seu rendimento é superior às demais oleaginosas de ciclo anual; é uma planta rústica recomendada para a safrinha nas regiões sul e sudeste, tradicionalmente produtoras de soja e milho (SLUSZZ e MACHADO, 2006).

A época de semeadura varia de acordo com a região brasileira. O girassol é uma cultura que se adapta bem ao cultivo como primeira safra no Rio Grande do Sul. Por outro lado, na região Centro-Oeste, adapta-se ao cultivo em condições de safrinha. Assim, a implantação das lavouras deve ser feita nas épocas indicadas pelo zoneamento agroclimático do girassol, que define as épocas e locais de semeadura com menor risco de déficit hídrico à exploração da cultura. A experiência do agricultor em relação às particularidades de cada microrregião também é fator importante (EMBRAPA, 2015).

A escolha do material genético a ser cultivado depende do tipo de agricultor e do capital disponível. Por exemplo, para a agricultura familiar e com baixo capital disponível, a opção é a escolha de uma variedade (população de polinização aberta), em função do menor custo da semente. Para uma agricultura mais extensiva, também pode ser adotada a semente híbrida, que resulta em plantas mais uniformes, facilitando as operações de manejo e principalmente de colheita. Assim, há um grande número de opções de materiais genéticos disponíveis e a escolha deve ser baseada na experiência e na assistência técnica local (EMBRAPA, 2015).

Para a agricultura familiar, de acordo com a tecnologia empregada (tração animal/mecanizada), o custo para se produzir um hectare de girassol na região Sudeste do Estado do Paraná varia de R\$ 451,00 a R\$ 943,00 (RIBEIRO e RAIHER, 2013).

Quanto à mão de obra despendida durante o cultivo do girassol, Ribeiro e Raiher (2013) observaram que a demanda de mão de obra variou de 4 h ha⁻¹, na modalidade totalmente mecanizado, até 104 h ha⁻¹, na modalidade tração animal.

O girassol, se comparado com as demais culturas comerciais (grãos), tem seu custo de produção menor, sinalizando ser uma cultura com fortes tendências de expansão, porém com alguns entraves, principalmente nas questões técnicas de cultivo (BORSUK, et al., 2011).

Devido às características da planta e do grão, a colheita mecanizada do girassol, não só no Brasil como em outros países onde a cultura é tradicionalmente cultivada, representa um grande desafio (SILVEIRA et al., 2005).

Dois fatores principais devem ser observados para a colheita do girassol: a regulagem da colhedora e a época de colheita. A operação de colheita requer enorme cuidado em relação à regulagem da colhedora, ou as perdas serão significativas (SILVEIRA et al., 2005).

Atualmente, existem colhedoras de girassol com alto rendimento operacional. No entanto, a operação de colheita pode ser realizada por colhedoras combinadas, cuja única mudança estrutural é com relação às plataformas para recolhimento das plantas, podendo ser utilizadas plataformas específicas ou plataformas adaptadas para colheita de milho (EMBRAPA, 2015). A colheita do girassol inicia-se quando a umidade dos grãos estiver de 12 a 14%. Colheitas antecipadas podem originar em grãos quebrados e com impurezas, prejudicando a qualidade do produto. Por outro lado, o atraso da colheita propicia o ataque de pássaros, acamamento e outros problemas que também prejudicam a qualidade dos grãos colhidos (SILVEIRA et al., 2005).

2.6.1. Girassol e suas vantagens em cultivos agroecológicos e convencionais

Corsato et al. (2010) verificaram em seu trabalho que a palhada de girassol apresentou ações alelopáticas sobre o desenvolvimento de picão-preto (*Bidens pilosa*). Gabos et al. (2011), avaliando o uso da matéria orgânica como mitigadora de solo multicontaminado e do girassol como fitoextratora, concluíram que a planta do girassol, bem como toda a sua estrutura pode ser considerada uma fitoextratora de boro em solos contaminados com esse mineral.

A planta e seus frutos, de maneira geral, possuem inúmeras utilidades:

- Pasto apícola, onde um hectare de área plantada pode alcançar uma produção de 20 a 30 kg de mel (CASTRO et al., 1996).
- Para cada 1000 kg de grãos de girassol, é possível extrair 400 kg de óleo, 350 de torta (podendo chegar a 50% de proteína bruta) e 250 kg de casca. A torta é utilizada como fonte de proteína incorporada na fabricação de ração (CASTRO et al., 1996).
- As partes verdes da planta podem ser ensiladas, podendo ser oferecidas aos bovinos de grande e médio porte para fins de engorda. Essas mesmas partes da planta também podem ser oferecidas a coelhos, juntamente outros tubérculos (PELEGRINI, 1985).

- A planta se adapta a diferentes condições edafoclimáticas (CASTRO et al., 1996).
- É flexível quanto às épocas de semeadura, condição que permite o seu plantio em melhor condição de teor de água no solo.
- Pode ser uma alternativa em terras ociosas.
- Em sistemas de produção dos tipos rotação, sucessão e até mesmo consorciação de cultura é uma alternativa interessante (CASTRO et al., 1996)
- Pode ser usado como planta ornamental (girassol colorido).
- O óleo extraído do girassol pode ser utilizado como biocombustível, além de ser comestível.

2.6.2. Biocombustível de girassol

Os Estados Unidos são os maiores produtores de oleaginosas no mundo e o Brasil vem logo em seguida. O girassol, juntamente com a soja, a colza e o algodoeiro, formam as quatro culturas mais plantadas para produção de biodiesel no mundo (USDA, 2013).

O óleo de girassol possui um interessante potencial para o uso como biodiesel. Seu uso nos motores diesel apresentou bons resultados, com rendimento 10% superior em litro consumido, em relação ao diesel, sem apresentar anomalias nos equipamentos e sem a necessidade de adaptações nos motores. Considerando todo o processo de fabricação e a torta que resulta do processo de prensagem, seu custo chega a ser 20% menor, quando comparado com o processo para a obtenção do combustível fóssil. Outro fator preponderante é que, em sua composição, não se observa a presença de chumbo e enxofre, o que diminui a agressividade ao meio ambiente (AEAGRI/DEA/UFV, 2007).

O plantio de girassol se objetivava principalmente para a produção de óleos para fins comestíveis, alimentos de pássaros e para fabricação de ração para animais. A partir de 2005, intensificou-se entre os produtores o interesse em cultivá-lo para a fabricação de biodiesel. Dessa forma, seu cultivo veio ocorrendo de maneira crescente, com os produtores aumentando suas áreas de maneira significativa (BACKES et al., 2008).

O girassol é uma importante fonte para produção de biodiesel no mundo. Tal condição se deve às suas características físico-químicas, tornando-o a quarta matéria prima mais utilizada para a elaboração de biocombustível. (MILAZZO et al., 2013)

O girassol possui teor de óleo significativo e atraente para a produção de biocombustíveis, além de ter um rendimento interessante, em comparação às demais oleaginosas. De 01 hectare de girassol, pode se extrair até 1,9 toneladas de óleo (Tabela 4).

Devido ao alto teor de óleo, o girassol vem sendo utilizado no Brasil como matéria-prima para a produção de biodiesel. Por ser uma substância biodegradável, não tóxica, com pequena quantidade de substâncias aromáticas, pode ser denominado “combustível ecológico” (EMBRAPA, 2015).

Tabela 4. Características de culturas oleaginosas cultivadas no Brasil quanto ao teor de óleo e rendimento de óleo por hectare

Espécie	Teor de Óleo (%)	Rendimento (toneladas de óleos por hectare)
Dendê/Palma	22,0	3,00 a 3,00
Coco	55,0 a 60,00	1,30 a 1,90
Babaçu	66,00	0,10 a 0,30
Girassol	38,00 a 48,00	0,50 a 1,90
Colza/Canola	40,00 a 48,00	0,50 a 0,90
Mamona	45,00 a 50,00	0,50 a 0,90
Amendoim	40,00 a 43,00	0,60 a 0,80
Soja	18,00	0,20 a 0,40
Algodão	15,00	0,10 a 0,20

Fonte: BRASIL (2006). Adaptado pelo autor.

A extração do óleo de girassol pode ser feita de duas maneiras: artesanalmente ou em escala industrial. No primeiro método, a produção é feita em pequena escala e o óleo é obtido pela prensagem contínua dos grãos, que seguem para uma etapa de filtração ou de decantação, cuja finalidade é a de separar resíduos. No método industrial, o óleo de girassol vai ser prensado e passa por extratores para que seja feita a extração por solvente (hexano) derivado de petróleo (EMBRAPA, 2015).

O biodiesel produzido a partir do óleo de girassol pode ser obtido pela reação de transesterificação, craqueamento e esterificação (EMBRAPA, 2015).

Algumas experiências estão em andamento com biocombustível oriundo do girassol. Smiderle (2015) descreve a experiência que está sendo realizada no Estado de São Paulo, evidenciando que o biodiesel é viável e não depende de adaptações nos motores. Esses resultados apontam que o custo de produção do biodiesel produzido na propriedade em que se realiza os testes chegam a ser até 20 % menor que o petrodiesel, quando aproveita-se a torta resultante da prensagem, e rendimento 10% maior por litro consumido, sem apresentar desgaste além do normal.

2.7. Manejo de restos culturais e da cobertura do solo

A palhada sobre o solo tem comprovadamente suprema importância em cultivos de base ecológica e é cada vez mais valorizada na agricultura convencional. Mesmo assim, a principal diferença entre o plantio convencional e o direto é justamente a manutenção da cobertura com restos vegetais, o que proporciona inúmeros benefícios ao solo, como, por exemplo, a manutenção da umidade por um período mais prolongado, melhorias na estrutura, aumento da matéria orgânica, menor oscilação de temperatura, entre outros. (BOER et al., 2007; FURLANI et al., 2007).

O objetivo mais importante dos manejos a serem adotados é manter a permanência da palhada no solo (restos culturais e da vegetação de cobertura). A queima dessa massa vegetal deve ser evitada, pois causa malefícios ao solo, como: diminuição da matéria orgânica, redução da infiltração de água no solo, tornando-o propício à erosão, e, conseqüentemente, influencia na capacidade da retenção de cátions trocáveis (FIOREZE, 2005; EMBRAPA, 2013).

O manejo da vegetação e dos restos culturais pode ser feito tanto por modo químico, quanto mecânico. No caso do manejo químico, faz-se o uso de herbicidas dessecantes. No manejo mecânico, o mesmo é possível no momento da colheita da cultura principal, seja com equipamentos acoplados à colhedora, seja com equipamentos idealizados para este fim, tais como roçadora, triturador de palhas tratorizado, rolo-faca e grade de disco (FURLANI et al., 2003).

O manejo a ser adotado em relação à palhada pode influenciar até mesmo na liberação de nutrientes para as culturas seguintes, estando essa influência relacionada à velocidade de decomposição da massa vegetal (GIACOMINI et al., 2003). Teoricamente, quanto menor for o material a ser decomposto, mais rápido esse processo será realizado pelos microrganismos, aumentando a mineralização dos minerais presentes nesse material vegetal (RIGUETTI et al., 2012).

2.8. Uso do triturador de palha horizontal

O uso da mecanização agrícola no manejo dos restos culturais, além de resultar em um trabalho uniforme, facilita o trabalho de semeadura das culturas subsequentes. Essas operações de manejo com a massa vegetal podem ser realizadas com roçadora, rolo-faca e triturador de palhas (BRANQUINHO et al., 2004).

Entre os vários equipamentos desenvolvidos pelo homem e que facilitam diversas atividades agrícolas de base ecológica, tanto no manejo de restos culturais como de culturas de cobertura, pode-se citar o triturador de palha horizontal (triton). Este equipamento aplica-se no manejo de restos de cultura e de cobertura, pois promove o corte e a trituração dos materiais, deixando-os com boa uniformidade e distribuição sobre o solo. Tais resultados se devem ao fato de que, ao mesmo tempo, os materiais também são picados e roçados com maior intensidade, quando comparado à roçadora (BRANCALIÃO, 2008).

Teixeira et al. (2009) concluíram em seus estudos que, para a região sul do Rio Grande do Sul, os agricultores familiares de base ecológica obtiveram na mecanização agrícola uma solução para a falta de mão de obra, a qual se encontra escassa no meio rural, representando um entrave para a expansão dos cultivos.

O manejo da palhada com o triturador de palha horizontal (triton) apresenta qualidade e resultados satisfatórios, pois as frações oriundas do corte são pequenas e uniformes. Entretanto, se comparado a outras máquinas que fazem o manejo de palhas e ervas rasteiras, apresenta o inconveniente de promover mais rapidamente a decomposição do material vegetal (CASÃO JUNIOR e SIQUEIRA, 2006).

Salton et al. (1998) enfatizam que o triton tem como principal característica o corte dos resíduos vegetais em pequenos pedaços, o que acelera os processos de decomposição da palhada, apresentando, ainda, melhores resultados quando utilizado em materiais mais lenhosos, como o milho pós-colheita, plantas daninhas arbustivas, guandu de porte alto, crotalária, etc. No entanto, há alguns inconvenientes no uso desta máquina, como o baixo rendimento operacional e o maior consumo de combustível.

O triturador de palhas possui características como variação de altura de corte (0,01 a 0,25 m) e largura de corte (1,50 a 3,50 m). Paralelas ao solo, as facas são dispostas em um eixo horizontal e não são fixas ao realizar o movimento, sendo o trabalho possível somente em alta rotação (FURLANI et al., 2003).

Neves et al. (2007) concluíram em seus trabalhos que, durante o ciclo da cultura do algodoeiro, as palhas e restos culturais de milheto, anteriormente manejados com triton e roçadora, demonstraram maior cobertura do solo em relação aos que foram manejados com rolo-faca e aos que não foram manejados (testemunhas).

2.9. Desempenho operacional do trator

2.9.1. Consumo horário de combustível

Um dos fatores mais importantes a serem analisados com relação à avaliação do rendimento de um motor é a mensuração da quantidade de combustível consumida, ou seja, seu desempenho como máquina térmica conversora de energia (MIALHE, 1996). Entretanto, por diversas vezes, o agricultor, ao escolher o modelo para a compra, não prioriza esse detalhe, mas a potência, o conforto, a facilidade em realizar manobras, a manutenção e o preço são os itens mais valorizados (SILVEIRA e SIERRA, 2010).

De maneira geral, três formas de apresentação de consumo de combustível podem ser expressas: consumo volumétrico, consumo ponderal e consumo específico. Essas formas de mensuração são mais comuns em estudos científicos, principalmente, os que são relacionados a máquinas agrícolas.

O consumo de combustível pode ser apresentado em litros por hora ($L h^{-1}$). Neste caso, considera-se apenas o volume consumido num determinado tempo, não considerando a influência da variação da temperatura e a quantidade da potência gerada. Quando se considera a influência da temperatura e não a potência gerada, o consumo de combustível é expresso, por meio de massa por unidade de tempo ($kg h^{-1}$). Outra forma, julgada a mais técnica de se expressar, é o consumo por meio de unidade de massa por unidade de potência ($g Kwh^{-1}$), também conhecida como consumo específico. Nesse caso, considera-se a massa e a potência (LOPES et al., 2003b).

Neves et al. (2013), quando avaliaram o desempenho do trator agrícola marca Valtra BM125i, em função do tipo de biodiesel (soja x murumuru), verificaram que o trator operando com biodiesel de murumuru apresentou consumo horário volumétrico, consumo ponderal e consumo específico de 9,22, 9,02 e 6,92% menor para o biodiesel de soja.

Ao avaliarem o consumo de combustível num trator 4 x 2 TDA com 121 cv no motor, Lopes et al. (2003b) verificaram que a lastragem do trator, a carga imposta na barra de tração, o tipo de pneu e a velocidade de deslocamento influenciam no consumo.

2.9.2. Patinagem

O trator fornece potência às máquinas agrícolas. Essa potência tem origem do motor, que por sua vez é de combustão interna. No entanto, a perda de potência ocorre quando há transmissão para a tomada de força, sistema hidráulico e rodado de tração (PACHECO, 2000).

Segundo Pacheco (2000, p. 13):

A potência disponível na barra de tração depende principalmente da potência do motor, da distribuição de peso sobre os pneus e da superfície do solo. A patinação das rodas, responsáveis pela tração, constitui-se numa perda de potência. Para cada tipo de superfície existe uma patinação que torna máxima a eficiência tratoria. Superfícies mais soltas, como por exemplo, solos arenosos, permitem uma patinação maior para que a eficiência tratoria seja máxima. No entanto, preconiza-se que de uma forma geral a patinação deve estar numa faixa entre 10% e 14%.

Gabriel Filho et al. (2004), avaliando o desempenho operacional de um trator agrícola, em área com diferentes tipos de cobertura vegetal, concluíram que a patinação aumenta à medida que a quantidade de matéria seca sob o solo for maior e, conseqüentemente, diminuindo a eficiência da tração.

Gabriel Filho et al. (2010), ao estudarem a influência da altura das garras dos pneus de um trator em área de plantio direto, obtiveram o mesmo índice de patinação quando se elevou a velocidade de deslocamento com o pneu de garras maiores.

Diversos fatores influenciam a patinação dos rodados nos tratores agrícolas, dentre eles pode-se citar a superfície em que os pneus motrizes estão em contato e o esforço de tração necessário para movimentar o implemento (HERZOG et al. 2002).

Yanai et al. (1999), avaliando o desempenho operacional de trator com e sem o acionamento da tração dianteira auxiliar, utilizando um trator MF 292, concluíram que com o aumento dos níveis de lastragem reduziu-se a patinação.

Monteiro et al. (2011) concluíram, quando estudaram o desempenho de um trator agrícola (John Deere 6600) equipado com pneus radiais e diagonais com três níveis de lastros líquidos, que a patinação e o consumo horário foi menor quando a lastragem foi de 40% de água, quando o trator estava equipado com pneu radial. Nesse mesmo estudo, os pesquisadores observaram maior índice de patinação e de consumo em solo mobilizado.

Acuña et al. (1995) obtiveram valores de patinação entre 10,73 e 26,35% nos estudos com um trator Massey Ferguson 292 turbo, operando com e sem preparo do solo. Os valores menores foram obtidos em situação sem preparo do solo, resultado atribuído à presença de grande concentração de restos de cultura.

2.10. Custo horário do trator

O lucro é o principal objetivo das organizações no sistema capitalista, o qual tem sua origem na diferença entre receitas e custos totais. Tal condição é aplicável indiferentemente do tamanho da empresa e, nessa perspectiva, os custos exercem forte influência na lucratividade das empresas de maneira geral (BALASTREIE, 2005).

Devido à grande extensão territorial e o clima favorável, o Brasil tem na agricultura uma das alavancas para o crescimento econômico. Aumentar o potencial de produção de toda essa área agricultável só é possível com o uso de tratores agrícolas. Seu uso é imprescindível no cultivo de grandes áreas e por isso o uso da maquinaria agrícola gira em torno de quase metade do custo por hectare (LOPES et al., 2003a).

A análise dos custos referentes à mecanização agrícola demonstrou que, entre 10 e 30% representam os custos totais de produção, nas diferentes culturas. Desta forma, a escolha das máquinas agrícolas mais adequadas é de suma importância para as operações que envolvem processo produtivo (CENTENO e KAERCHER 2010).

Para que uma máquina agrícola seja econômica, esta deve ser eficiente. Eficiência é a relação entre a quantidade e qualidade de trabalho realizado e a quantidade de energia utilizada. Para o cálculo de custo horário do trator, custos fixos e variáveis devem ser calculados de forma independente, sendo, posteriormente, somados, gerando o resultado que representa o custo horário do trator (SAAD, 1978).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Área experimental

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá, no Município de Maringá, estado do Paraná. A área compreende as coordenadas S 23° 21' 14" e W 52° 04' 08" (Figura 4) e está a 564 metros de altitude. Segundo a Embrapa (2006), o solo é classificado como Argissolo Vermelho distroférico de textura média. Na ocasião do experimento estava coberta por restos culturais e vegetação espontânea com predomínio de gramíneas (Figura 5).



Figura 4. Localização da Área experimental.
Fonte : Google Earth (2015).



Figura 5. Vista geral do local do experimento.
Fonte: autor (2015).

3.1.2. Óleo diesel

O óleo diesel comercial utilizado foi o Óleo Diesel B S10 (Figura 6B). Contidos nos tanques de armazenamento da Fazenda Iguatemi (UEM), adquiridos da rede de distribuidoras Petroleum Combustíveis LTDA, do Município de Cambé, Paraná. O óleo diesel utilizado atende à legislação vigente (Lei nº 13033/2014), contendo 7% de biodiesel e denominado OV_0 .

3.1.3. Biocombustível

O óleo de girassol utilizado no experimento foi denominado OV_{100} (Figura 6A), extraído por prensagem a frio e filtrado a 0,5 micron, produzido pela Mini-usina comunitária de óleo vegetal a frio da colônia Witmarsum (Palmeira-PR.). O óleo de girassol desenvolvido e doado pelo Instituto de Tecnologia do Paraná à Universidade Estadual de Maringá (Tecpar) no ano de 2007 foi produzido para fins de testes e de estudos. O armazenamento deste óleo foi em galões de polietileno de cor escura, em um compartimento (sala) de acesso restrito, com boa ventilação e baixa incidência de luminosidade natural. As especificações sobre o óleo vegetal de girassol utilizadas no ensaio se encontram no apêndice A.

A mistura foi realizada no dia do ensaio, na proporção de oito litros de óleo diesel B S10 – OV_0 (Figura 6B), mais dois litros de óleo vegetal de girassol – OV_{100} (Figura 6A). O combustível originado foi denominado OV_{20} (Figura 6C).

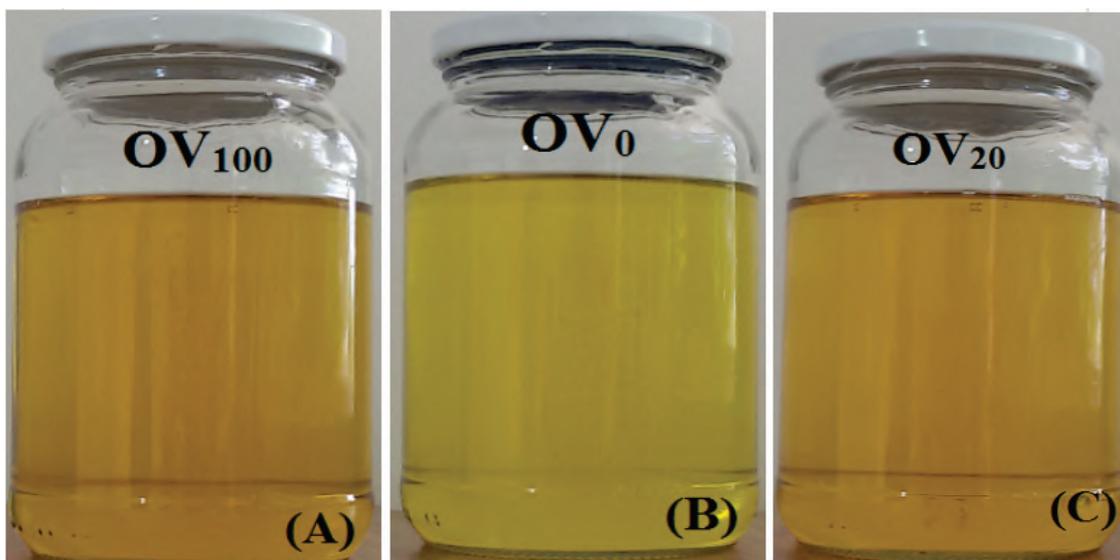


Figura 6. Combustíveis utilizados no experimento: OV_{100} – óleo vegetal de girassol (A); OV_0 – óleo diesel comercial B S10 (B); OV_{20} – Óleo diesel comercial B S10 (80%) + óleo vegetal de girassol (20%) (C).

Fonte: Autor (2015).

Para fins de informação, levando em consideração os 7% de biodiesel contidos no diesel comercial e mais 20,0% de óleo vegetal de girassol, obteve-se um combustível de 25,6% de biocombustível em sua composição (OV₂₀).

3.1.4. Máquinas e equipamentos utilizados

3.1.4.1. Trator

No ensaio, foi utilizado um trator da marca Massey Ferguson, ano 2002, modelo MF 275 (Figura 7A), com sistema de tração 4X2, motor marca Perkins do modelo A. 4236-A, tipo Diesel, 4 tempos, de injeção direta, com potência máxima de 53 kW (73 cv) a 2000 rpm. Estava equipado com pneus 7,50x30 no eixo dianteiro e 18,4x30 no eixo traseiro, estando os referidos pneus calibrados, conforme recomendação do fabricante, com relação peso/potência de 50,32 kgf.cv⁻¹. No momento do ensaio, o trator estava com 7.902 horas de trabalho.

3.1.4.2. Triturador de palha horizontal

Triturador de palha horizontal mecanizado, da marca italiana Becchio & Mandrile (Figura 7B), com largura de corte de 1,80 metros e regulado a uma altura de corte de 0,07 metro.



Figura 7. Máquinas utilizadas no experimento – Trator MF 275 (A); Triturador de palha horizontal (B).

Fonte. Autor (2015).

3.1.4.3. Tanque improvisado de combustível

Para o fornecimento de óleo diesel comercial ao motor, utilizou-se o tanque do trator. Para o uso do combustível contendo óleo vegetal de girassol, instalou-se um tanque

improvisado em cima do paralama do rodado esquerdo traseiro (Figura 8B). O tanque era de polietileno, com capacidade de 20 litros. Foi fixada uma mangueira transparente na parte de cima, de forma que esta alcançasse o fundo do reservatório e, criteriosamente, vedada de modo que não houvesse a entrada de ar na mangueira (Figura 8A). A instalação do tanque alternativo teve como objetivo assegurar a não contaminação entre os combustíveis, o que poderia interferir nos resultados.

Os trabalhos se iniciaram com a coleta de informações referentes ao trator alimentado com óleo diesel comercial. Na sequência houve interrupção do fluxo de alimentação do tanque do trator ao motor, conectando a mangueira do tanque de combustível improvisado, liberando o fluxo de combustível no motor, para a coleta de dados do trator alimentado com óleo vegetal de girassol.



Figura 8. Tanque improvisado de combustível – mangueira transparente sendo afixada (A); tanque de combustível improvisado instalado (B).

Fonte: Autor (2015).

3.1.4.4. Equipamento para determinação do tempo de percurso na parcela

O tempo em cada parcela foi obtido por meio do sistema de aquisição de dados, Microllogger CR 23X, o qual dispunha de um cronômetro interno com precisão de centésimos de segundos. O início de leitura do tempo de parcela foi dado com o acionamento, por botão, do sistema de aquisição de dados e a parada de cronometragem acontecia ao desligar o sistema no término de cada parcela experimental.

3.1.4.5. Equipamento para determinação do consumo de combustível

Para avaliar o consumo horário de combustível, foi utilizado um medidor volumétrico de consumo (Fluxômetro), marca OVAL M-III, modelo LSN 40, sendo a unidade de leitura em litros por hora com precisão de 1 mL pulso⁻¹ (Figura 9).

Os pulsos gerados pelo fluxômetro foram convertidos em volume consumido por hora (L h⁻¹) e calculado pela equação (1), conforme Mahl, Gamero e Benez (2007).

$$C_c = \frac{\sum_p * 3,60}{\Delta_t} \quad (1)$$

onde:

C_c = Consumo horário de combustível (L h⁻¹).

\sum_p = Somatório de pulsos, equivalente ao somatório de mL de combustível.

Δ_t = Tempo gasto para percorrer a parcela experimental (s).

3,60 = Fator de conversão.

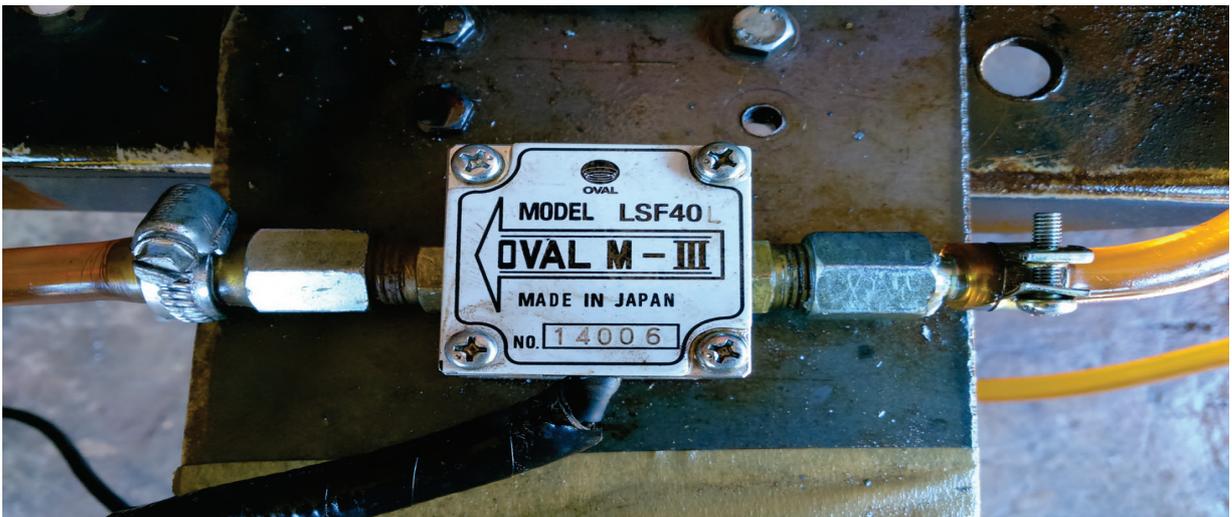


Figura 9. Fluxômetro volumétrico modelo oval M-III.
Fonte: Autor (2015).

3.1.4.6. Equipamento para medição da velocidade real de deslocamento

Para a determinação da velocidade real de deslocamento, utilizou-se uma unidade radar DJRVS-II, localizada na lateral esquerda do trator (Figura 10).

O radar utilizado para medir a velocidade de deslocamento de trator possui circuitos eletrônicos que emitem um sinal Doppler, com determinada frequência em direção ao solo. O

sinal atinge o solo e uma frequência retorna a um circuito detector. Um microprocessador mede o período de cada ciclo detectado, processando-o e gerando uma frequência de saída correspondente a um número de pulsos por espaço percorrido, sendo transformado pela programação do Micrologger CR23X na unidade de metros por segundos, sendo, posteriormente, transformado em quilômetros por hora (km h^{-1}).



Figura 10. Radar (R) para medir a velocidade real de deslocamento.
Fonte: Autor (2015).

3.1.4.7. Equipamento para obtenção da patinagem do rodado traseiro

A determinação da patinagem das rodas traseiras do trator foi realizada, utilizando-se geradores de pulsos (encoder) (Figura 11), marca S&E INSTRUMENTOS, modelo E1A1, com frequência de 60 pulsos por volta, saída tipo PNP e alimentação de $12 \times V_{cc}$.

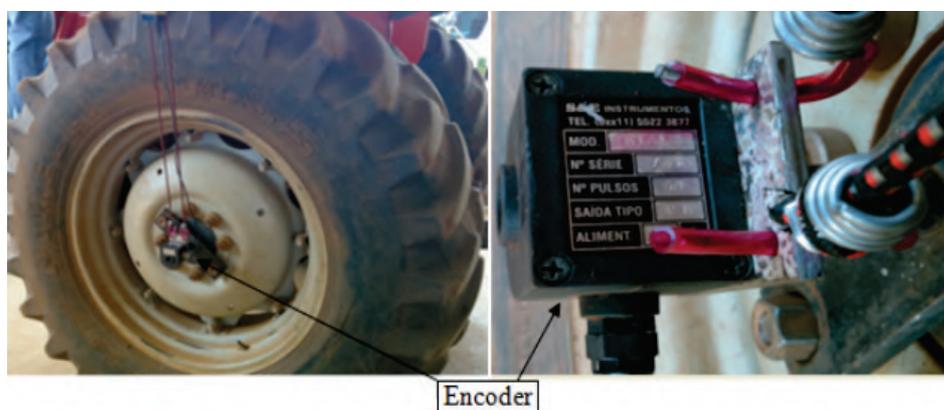


Figura 11. Geradores de pulsos instalados no trator para determinar a patinagem das rodas motrizes.
Fonte: Autor (2015).

3.1.4.8. Sistema de aquisição e armazenamento de dados

Para a aquisição dos sinais gerados pelos sensores instalados no trator, foi utilizada uma central de coleta de dados (Micrologger CR23X) (Figura 12), marca CAMPBELL SCIENTIFIC, acoplada ao trator, sensores de determinação de velocidade (radar), determinação de patinagem (encoder) e consumo de combustível (fluxômetro).



Figura 12. Central de armazenamento de dados Micrologger CR23X.
Fonte: Autor (2015).

3.2. Métodos

3.2.1. Sequência de operações

A instalação, condução e coleta de resultados foram realizadas conforme a sequência abaixo:

- Demarcação e estaqueamento das parcelas experimentais.
- Casualização dos tratamentos nos blocos.
- Mistura dos combustíveis nas proporções determinadas para o ensaio.
- Instrumentação do trator com os sensores.
- Operação de campo com o triturador de palha horizontal acoplado ao trator em três velocidades, com e sem carga na tomada de força, sendo as primeiras vinte e quatro

parcelas com óleo diesel (OV_0) e as demais com a mistura de 80% óleo diesel comercial + 20% óleo vegetal de girassol (OV_{20}).

- Transferência de dados do microloger para o computador.

3.2.2. Delineamento experimental

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com esquema fatorial $2 \times 3 \times 2$ (1º fator: combustível; 2º fator: velocidade teórica de deslocamento; e 3º fator: carga na tomada de força), 12 tratamentos e 4 repetições, totalizando 48 observações. A Tabela 5 representa o esquema fatorial adotado.

Tabela 5. Representação do esquema fatorial $2 \times 3 \times 2$ utilizado no experimento

OV_0			OV_{20}		
3 km/hora	4 km/hora	5 km/hora	3 km/hora	4 km/hora	5 km/hora
SC-CC	SC-CC	SC-CC	SC-CC	SC-CC	SC-CC

Fonte: Autor (2016).

3.2.3. Tratamentos

Os tratamentos foram formados pela combinação de combustível, velocidade e carga. Os combustíveis utilizados foram: óleo diesel comercial B S10 - 100%, denominado para o experimento de OV_0 e mistura de óleo diesel comercial B S10 (80%) + óleo vegetal de girassol (20%), denominado de OV_{20} . As cargas de operação foram realizadas com o triturador de palha horizontal acoplado ao trator com carga – CC (acionando a tomada de força) e sem carga (sem estar acionado). As velocidades teóricas de deslocamento utilizadas foram 3, 4 e 5 $km\ h^{-1}$ (Tabela 6).

Cada parcela experimental ocupou uma área de $36\ m^2$ ($20 \times 1,80\ m$) e entre as parcelas, no sentido longitudinal, reservou-se um intervalo de 10 metros, cuja finalidade era adequar manobras com o trator. Na Figura 13, é apresentado o croqui da área experimental, com a disposição das unidades experimentais e dos tratamentos. As áreas superiores são os tratamentos com o trator alimentado com óleo diesel comercial B S10 sem óleo vegetal adicionado (OV_0). As áreas inferiores são os tratamentos com o trator alimentado com mistura de óleo diesel comercial B S10 80% e de óleo vegetal de girassol 20% (OV_{20}).

Tabela 6. Descrição dos tratamentos utilizados no experimento

Tratamentos	Descrição
T ₁ =OV ₀ -V ₁ -SC	Trator alimentado com óleo diesel comercial B S10, sem adição de óleo vegetal com velocidade teórica de deslocamento de 3 km h ⁻¹ , sem acionar a tomada de força com o triturador de palha horizontal acoplado.
T ₂ =OV ₀ -V ₂ -SC	Trator alimentado com óleo diesel comercial B S10, sem adição de óleo vegetal com velocidade teórica de deslocamento de 4 km h ⁻¹ , sem acionar a tomada de força com o triturador de palha horizontal acoplado.
T ₃ =OV ₀ -V ₃ -SC	Trator alimentado com óleo diesel comercial B S10, sem adição de óleo vegetal com velocidade teórica de deslocamento de 5 km h ⁻¹ , sem acionar a tomada de força com o triturador de palha horizontal acoplado.
T ₄ =OV ₀ -V ₁ -CC	Trator alimentado com óleo diesel comercial B S10, sem adição de óleo vegetal com velocidade teórica de deslocamento de 3 km h ⁻¹ , acionando a tomada de força com o triturador de palha horizontal acoplado.
T ₅ =OV ₀ -V ₂ -CC	Trator alimentado com óleo diesel comercial B S10, sem adição de óleo vegetal com velocidade teórica de deslocamento de 4 km h ⁻¹ , acionando a tomada de força com o triturador de palha horizontal acoplado.
T ₆ =OV ₀ -V ₃ -CC	Trator alimentado com óleo diesel comercial B S10, sem adição de óleo vegetal com velocidade teórica de deslocamento de 5 km h ⁻¹ , acionando a tomada de força com o triturador de palha horizontal acoplado.
T ₇ =OV ₂₀ -V ₁ -SC	Trator alimentado com mistura óleo diesel comercial B S10 (80%) e óleo vegetal de girassol (20%), com velocidade teórica de deslocamento de 3 km h ⁻¹ , sem acionar a tomada de força com o triturador de palha horizontal acoplado.
T ₈ =OV ₂₀ -V ₂ -SC	Trator alimentado com mistura óleo diesel comercial B S10 (80%) e óleo vegetal de girassol (20%), com velocidade teórica de deslocamento de 4 km h ⁻¹ , sem acionar a tomada de força com o triturador de palha horizontal acoplado.
T ₉ =OV ₂₀ -V ₃ -SC	Trator alimentado com mistura óleo diesel comercial B S10 (80%) e óleo vegetal de girassol (20%), com velocidade teórica de deslocamento de 5 km h ⁻¹ , sem acionar a tomada de força com o triturador de palha horizontal acoplado.
T ₁₀ =OV ₂₀ -V ₁ -CC	Trator alimentado com mistura óleo diesel comercial B S10 (80%) e óleo vegetal de girassol (20%), com velocidade teórica de deslocamento de 3 km h ⁻¹ , acionando a tomada de força com o triturador de palha horizontal acoplado.
T ₁₁ =OV ₂₀ -V ₂ -CC	Trator alimentado com mistura óleo diesel comercial B S10 (80%) e óleo vegetal de girassol (20%), com velocidade teórica de deslocamento de 4 km h ⁻¹ , acionando a tomada de força com o triturador de palha horizontal acoplado.
T ₁₂ =OV ₂₀ -V ₃ -CC	Trator alimentado com mistura óleo diesel comercial B S10 (80%) e óleo vegetal de girassol (20%), com velocidade teórica de deslocamento de 5 km h ⁻¹ , acionando a tomada de força com o triturador de palha horizontal acoplado.

Fonte: Autor (2015).

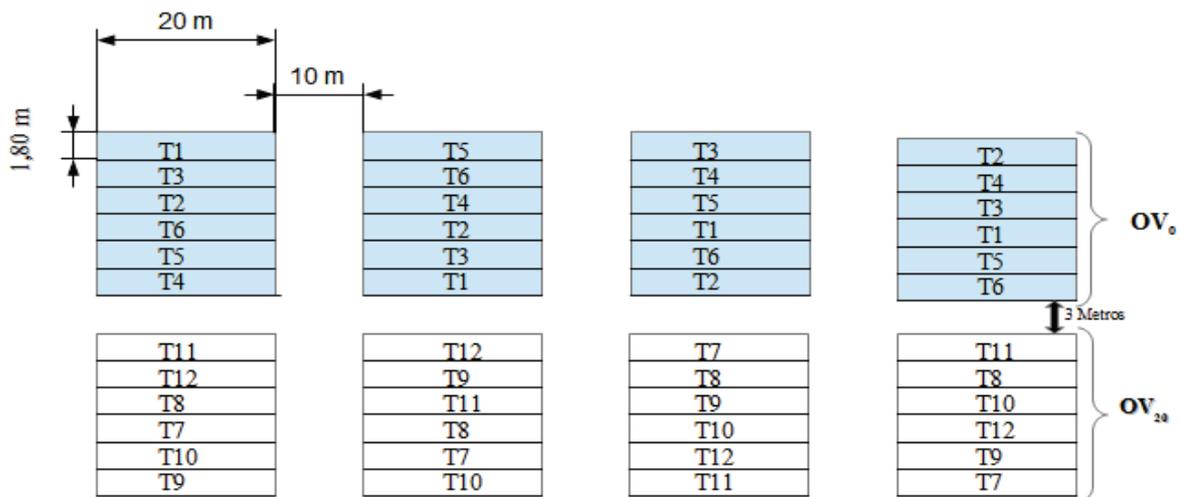


Figura 13. Croqui da distribuição dos tratamentos na área do experimento.
Fonte: Autor (2015).

3.2.4. Procedimento experimental e tempo de percurso

Com objetivo de estabilizar as determinações, o trator de teste iniciava o movimento num espaço de 10 metros, deixado para estabilização do conjunto antes da baliza de início da parcela. Ao coincidir a baliza de início e um ponto referencial do trator, acionava-se o cronômetro do sistema de aquisição de dados. O procedimento era interrompido ao percorrer os 20 metros de comprimento de cada parcela, no qual o ponto de referência adotado no trator coincidia com a baliza de término da parcela. Ao longo do espaço percorrido de cada parcela obteve-se o tempo de percurso.

3.2.5. Velocidade teórica de deslocamento

Para a velocidade teórica de deslocamento do experimento, determinada de maneira previa de 3, 4 e 5 km h⁻¹, adequou-se a aceleração a 1900 rpm, de forma que o trator atingisse na tomada de potência 540 RPM, rotação necessária para a operação com o triturador de palha horizontal. As marchas usadas para se obter as velocidades de deslocamento e utilizada nos tratamentos do experimento foram: para 3 km h⁻¹ – 2ª marcha reduzida; para 4 km h⁻¹ – 3ª marcha reduzida; 5 km h⁻¹ – 4ª marcha reduzida.

3.2.6. Consumo de combustível

O consumo de combustível foi determinado em todas as parcelas experimentais em unidade de volume (mL), pelo fluxômetro, por meio da diferença entre os volumes de

combustível, medidos antes e depois da bomba injetora ou retorno, obtendo-se, assim, o volume realmente utilizado pelo trator durante o percurso.

3.2.7. Sistema de análise de desempenho de máquinas agrícolas – SADMA

Utilizou-se um computador móvel, marca Acer Aspire 5050, equipado com o programa computacional Sistema de Análise de Desempenho de Máquinas Agrícolas (SADMA) (LOPES et al., 2010) para acessar os dados levantados em campo e gravados no Micrologger CR23X.

A Figura 14 apresenta a tela inicial do programa onde foram inseridos os valores obtidos no ensaio, calculando, automaticamente, consumo e patinagem além de outros dados.

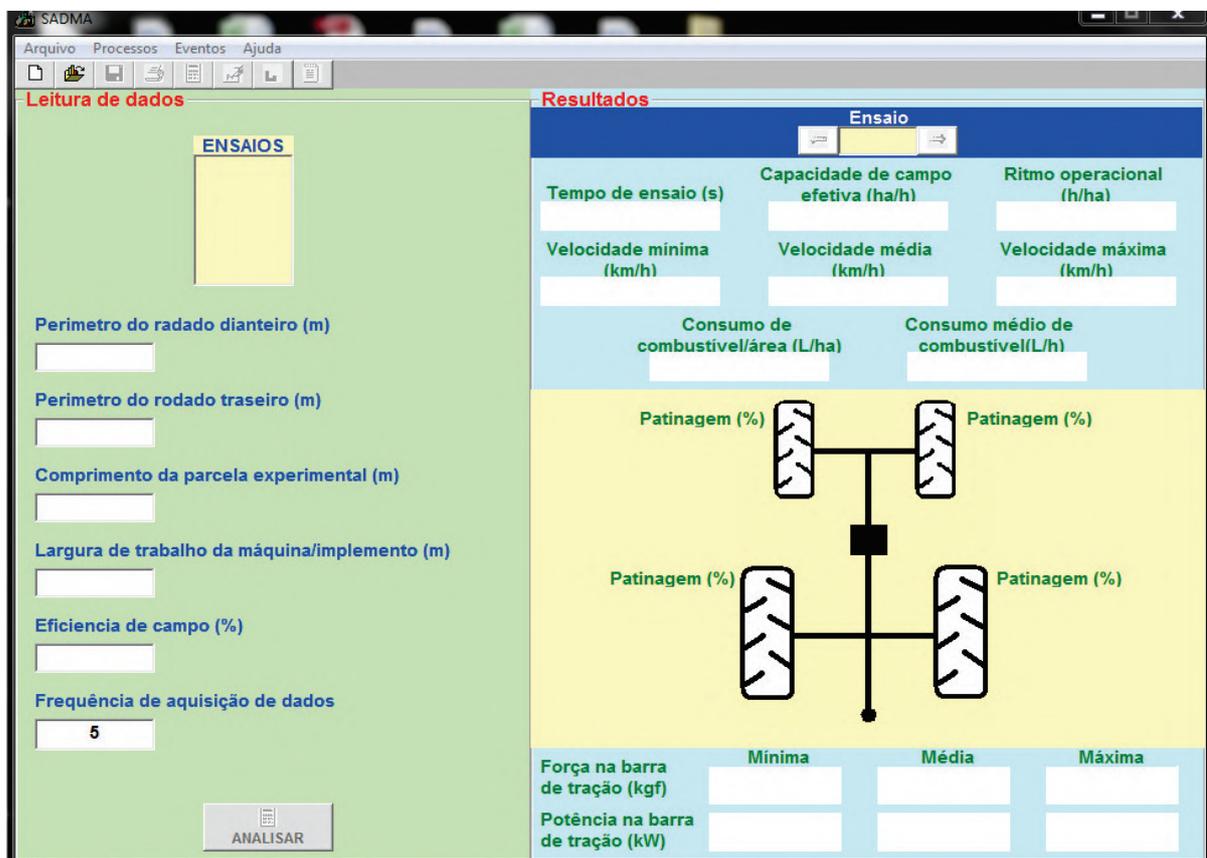


Figura 14. Tela inicial do programa computacional – SADMA
Fonte: Lopes et al.(2010).

3.2.8. Avaliação estatística

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise de variância fatorial, conforme recomendação de BANZATTO e KRONKA (2006), com o auxílio do programa

para microcomputador SISVAR (Sistema para análise estatística, v.5.3), desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras. Quando o valor do teste F foi significativo a 5% de probabilidade, foi realizado o teste de Tukey para a comparação das médias.

3.2.9. Custo horário do trator

A obtenção do custo horário do trator seguiu a metodologia descrita por Saad (1978) com algumas adaptações, sendo o valor final o resultado da soma dos custos fixos e variáveis. Custos fixos compreendem juros, depreciação, alojamento (abrigo) e seguros. Os variáveis compreendem itens como combustível, lubrificante, material de substituição periódica, reparações e operador.

3.2.9.1. Cálculo do Custos Fixos (CF)

Os cálculos dos custos fixos foram obtidos pelas equações 2, 3, 4, 5, 6 e 7:

Juros (J)

$$J = \frac{Cm \times Tj \%}{t} \quad (2)$$

Onde:

J = juros (%).

Cm = capital médio (R\$).

Tj% = taxa de juros por ano (%).

t = tempo – número de horas de uso por ano.

O capital médio foi determinado pela fórmula:

$$Cm = \frac{Ci + S}{2} \quad (3)$$

Onde:

Cm = Capital médio (R\$).

Ci = Capital inicial (R\$).

S = Sucata ou valor de revenda – 10% de Ci.

Depreciação

$$Dp = \frac{Ci - S}{Tu} \quad (4)$$

Onde:

Dp = Depreciação (R\$).

Ci = Capital inicial (R\$).

S = Sucata ou valor de revenda (R\$).

Tu = Tempo de vida útil considerada da máquina (12 anos ou 12.000 horas).

Alojamento ou abrigo

$$AI = \frac{Ci \times Ta\%}{t} \quad (5)$$

Onde:

AI = Cota de alojamento (R\$).

Ci = Capital inicial (R\$).

Ta% = Taxa de alojamento – (1 a 2% do capital inicial – R\$).

T = Tempo – horas de uso do trator por ano.

Seguro:

$$S_{eg} = \frac{Ci \times i}{t} \quad (6)$$

Onde:

S_{eg} = Seguros (R\$).

Ci = Capital inicial (R\$).

i = Taxa – 2% do valor do capital inicial (R\$).

t = Tempo – horas de uso do trator por ano.

Deste modo, o valor dos custos fixos é obtido pela soma dos valores calculados de juros, depreciação, alojamento e seguros, conforme a equação:

$$CF = J + D + AI + S_{eg} \quad (7)$$

Onde:

CF = Custos fixos (R\$)

J = Juros (R\$)

D = Depreciação (R\$)

AI = Alojamento (R\$)

3.2.9.2. Custos Variáveis (CV)

Os cálculos dos custos variáveis são obtidos pelas equações descritas a seguir:

a) Custo de consumo horário de combustível

O custo de consumo horário de combustível foi determinado pelos dados gerados pelo SADMA, (LOPES et al., 2010) conforme descrito anteriormente. Este programa computacional fornece o consumo de combustível em duas unidades como litro por hora e

litro por hectare. Para fins de cálculo, optou-se por utilizar o consumo em litro por hora com o consumo médio do trator com carga, logo, o produto $(L\ h^{-1}) \cdot (R\$\ l^{-1})$ forneceu o custo de consumo horário de combustível.

b) Lubrificantes

b.1 Óleos lubrificantes

Para calcular o óleo do motor, do câmbio e do sistema hidráulico, multiplicou-se a capacidade do reservatório destes componentes (nível recomendado pelo manual do fabricante) pelo preço do litro do óleo e dividiu-se pelo período de troca. A equação utilizada foi a seguinte:

$$C_L = \frac{C_R \cdot C_{RS}}{t_{troca}} \quad (8)$$

Em que:

C_L = consumo de lubrificante (R\$).

C_R = capacidade do reservatório (Litros).

C_{RS} = Valor do litro (R\$).

t_{troca} = representa o período de troca especificado pelo fabricante (horas).

b.2) Graxa

Para calcular a quantidade de graxa, a engraxadeira vazia foi pesada, enchida de graxa e pesada novamente. Na sequência, os pontos necessários receberam graxa novamente. Uma vez terminada a operação, a engraxadeira foi novamente pesada, estabelecendo, assim a diferença de peso, a qual foi dividida pelo número de horas recomendado para a lubrificação (20 horas). Este valor, multiplicado pelo custo unitário da graxa, forneceu o custo por hora.

c) Material de substituição periódica

Neste trabalho, considerou-se como material de substituição periódica o filtro de ar, filtro de óleo, filtro do sistema hidráulico e filtro de combustível. Para efeito de cálculo, considera-se o preço de cada item dividindo pelo número de horas indicadas para cada troca ou substituição, conforme especificações do fabricante.

d) Pneus

Calcula-se o valor dos pneus em função de sua vida útil (3.000 horas), ou seja, custo do pneu $R\$ / 3.000$ horas.

e) Reparos

O valor com reparos é obtido pela equação 8.

$$R = \frac{8\% \text{ do } Ci}{t} \quad (9)$$

Onde:

R = Reparos (R\$).

Ci = Capital inicial (R\$).

t = tempo de trabalho no ano (1000).

f) Operador

O salário do operador varia de região para região. Geralmente corresponde a duas vezes o salário-mínimo, mais 13º salário e 25% de encargos sociais. Esse valor é dividido pelo número de horas trabalhadas por ano (1000 horas).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Consumo horário volumétrico de combustível

Na tabela 7 e nas Figuras 15, 16 e 17, são apresentados os valores obtidos para o consumo de combustível. Na análise do tipo de combustível em função da velocidade, observou-se que não houve significância de consumo em todas as velocidades e em ambos os combustíveis estudados.

Em avaliação do tipo de combustível em função da carga, tanto OV_0 como OV_{20} , o consumo foi maior quando o trator estava operando com carga; entre os combustíveis os resultados não diferiram estatisticamente. Os valores médios de consumo para o trator sem carga foram: $OV_0 - 4,95 \text{ l h}^{-1}$, $OV_{20} - 4,93 \text{ L h}^{-1}$; com carga: $OV_0 - 7,15 \text{ L h}^{-1}$, $OV_{20} - 6,84 \text{ L h}^{-1}$, representando um acréscimo de consumo do trator Sem Carga, para o trator Com carga de 44,44%, abastecido com óleo diesel comercial. No caso do OV_{20} , esse aumento foi de 38,74%.

No entanto, na análise de valores médios de consumo de combustível do fator Carga (SC, CC) em função da velocidade mostra que o trator com carga apresentou valores menores de consumo na V1 com $6,42 \text{ L h}^{-1}$, em comparação com V2 e V3, nos quais os valores médios foram $7,48 \text{ L h}^{-1}$ e $7,09 \text{ L h}^{-1}$, respectivamente, ou seja, um acréscimo de consumo da velocidade teórica de deslocamento de 3 km h^{-1} (V1) para a velocidade teórica de deslocamento 4 km h^{-1} (V2) de 16,51%.

O tipo de combustível não influenciou o consumo. Ambos obtiveram valores semelhantes, corroborando os resultados obtidos por Soranso et al. (2008) quando avaliaram desempenho dinâmico de um trator agrícola, utilizando biodiesel destilado de óleo residual. Nesse estudo, as proporções de mistura (diesel e biodiesel) B0, B5, B15, B25 e B50 resultaram em valores semelhantes, crescendo o consumo de B0 para B75 e B100.

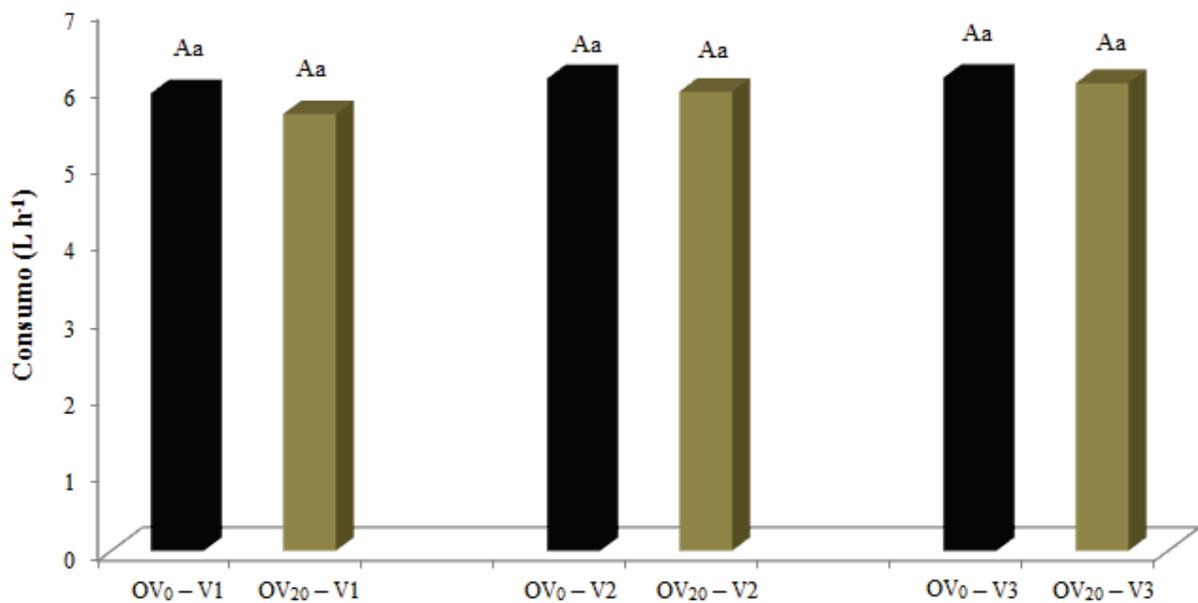
Maziero et al. (2007) utilizaram óleo bruto de girassol extraído por prensagem a frio e filtrado em prensa de filtro e óleo diesel comercial em um motor MWM D 229.3 de injeção direta em avaliação de desempenho. Os autores observaram que, em ensaio de duas horas, houve uma redução média de 8,0% na potência e um aumento no consumo de combustível de 9,3%, quando este foi alimentado com óleo bruto de girassol. Os resultados obtidos foi atribuído ao poder calorífico do óleo diesel, maior que a do óleo bruto de girassol, além da viscosidade do óleo bruto de girassol, que chega a ser até 12 vezes maior que a do diesel, comprometendo a injeção do combustível na câmara de compressão.

Tabela 7. Síntese da análise de variância e do Teste de médias para consumo – Valores médios de consumo (L h⁻¹) de óleo diesel B S10 (OV₀) e mistura de óleo diesel B S10 com óleo vegetal de girassol na proporção 80+20 (OV₂₀), sob efeito do trator operando com e sem carga em 3 velocidades teóricas de deslocamento

		Consumo (L h ⁻¹)		
TEST F		QM		
Combustível		0,348502 ^{ns}		
Carga		50,820252 ^{**}		
Velocidade		0,412900 ^{ns}		
Combustível x carga		0,259602 ^{ns}		
Combustível x velocidade		0,041008 ^{ns}		
Carga x velocidade		2,670908 ^{**}		
Combustível x carga x velocidade		0,109908 ^{ns}		
FATORES				
		VELOCIDADE		
Combustível/Velocidade		V1	V2	V3
OV ₀		5,92 Aa	6,11 Aa	6,12 Aa
OV ₂₀		5,65 Aa	5,94 Aa	6,05 Aa
		CARGA		
Combustível/Carga		CC		SC
OV ₀		7,15 Aa		4,95 Ab
OV ₂₀		6,84 Aa		4,93 Ab
		VELOCIDADE		
Carga/Velocidade		V1	V2	V3
Com Carga		6,42 Ab	7,48 Aa	7,09 Aa
Sem Carga		5,15 Bc	4,58 Bb	5,08 Bbc
Media Geral: 5,96				
Coefficiente de Variação: 7,10%				

^{**}Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; ^{*}Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns} não significativo. Medias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna, minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, a nível de 5% pelo teste de Tukey. **V1** – Velocidade teórica de deslocamento de 3,00 km h⁻¹; **V2** – Velocidade teórica de deslocamento de 4,00 km h⁻¹; **V3** – Velocidade teórica de deslocamento de 5,00 km h⁻¹.

Acredita-se que a semelhança de consumo entre os combustíveis estudados neste experimento se deva ao poder calorífico contido em ambos, apesar de o óleo diesel comercial possuir esta propriedade físico-química superior ao óleo vegetal de girassol (Tabela 1). No entanto, a mistura óleo diesel com óleo vegetal de girassol (80% +20%), provavelmente, manteria a quantidade suficiente desta propriedade, resultando numa combustão satisfatória e em rendimento muito parecido com o motor alimentado com o diesel comercial, refletindo no consumo.



Legenda

OV₀ : Óleo diesel comercial

OV₂₀ : Óleo diesel comercial- 80% + óleo vegetal de girassol - 20%

V1: Velocidade teórica de deslocamento de 3 km h⁻¹

V2: Velocidade teórica de deslocamento de 4 km h⁻¹

V3: Velocidade teórica de deslocamento de 5 km h⁻¹

Figura 15. Valores médios comparativos de consumo de combustível do fator tipo de combustível em função da velocidade.

A Figura 16 reforça os resultados obtidos do fator carga em função da velocidade. Como já mencionado, houve um acréscimo de consumo da velocidade V1 para as velocidades V2 e V3. Tal resultado vem ao encontro do obtido por Vale (2011), que também detectou um aumento do consumo horário de combustível de 25,87% com o aumento da velocidade de 3,0 para 5,0 km h⁻¹, na operação de semeadura, utilizando trator John Deere, 4x2 (TDA). Da mesma forma, Pavan Junior (2006) observou aumento de consumo à medida que a velocidade aumentou em operação de semeadura em plantio direto.

Furlani et al. (1999), ao avaliarem o desempenho operacional de semeadora-adubadora em diferentes manejos de cobertura e da velocidade, obtiveram um aumento no consumo de combustível de 6,8% da velocidade de deslocamento 4,0 km h⁻¹ para a velocidade de deslocamento 5,0 km h⁻¹. Mahl (2002) verificou que, na medida em que aumentou a velocidade de deslocamento, houve um acréscimo de consumo em torno de 12,00% para cada 1 km h⁻¹ na operação de semeadura.

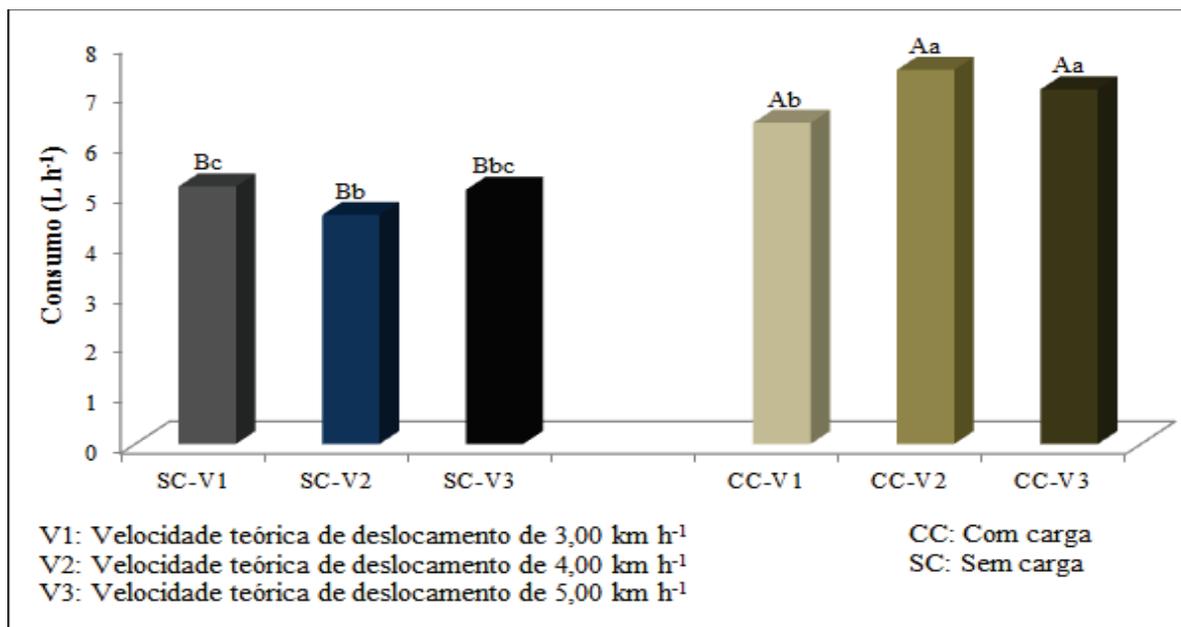


Figura 16. Valores médios comparativos para o consumo de combustível do fator carga em função das velocidades estudadas.

A Figura 17 mostra que o consumo aumentou quando o trator foi submetido à carga, não se observando diferenças estatísticas entre os combustíveis. O acréscimo pode ser explicado pela alta exigência que o motor do trator demandou ao acionar a tomada de potência, junto ao triturador de palha horizontal, para a realização do corte e trituração dos materiais sobre o solo.

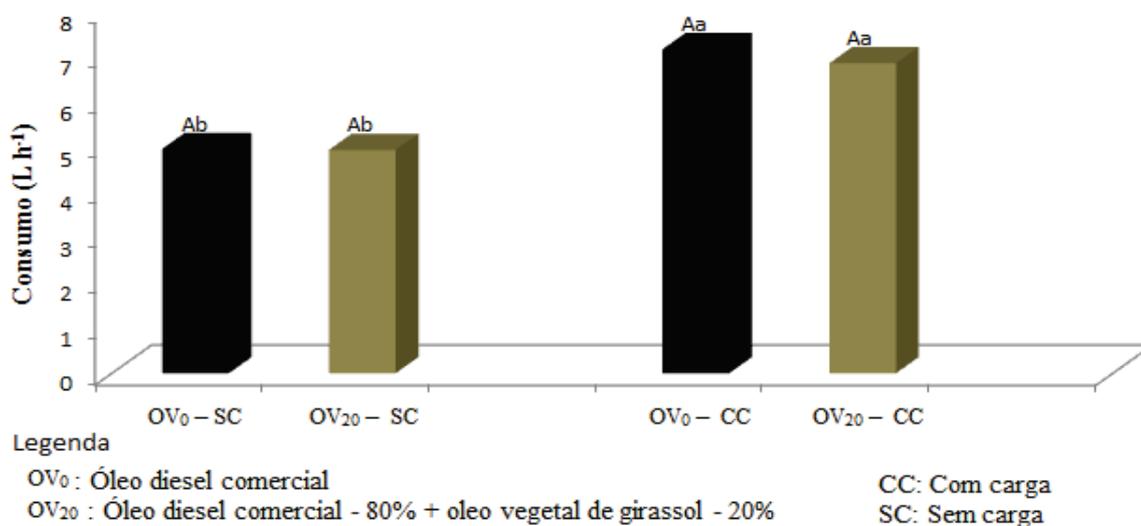


Figura 17. Valores médios comparativos para o consumo de combustível do fator tipo de combustível em função da carga.

É oportuno frisar que o consumo volumétrico é a informação mais usual entre os agricultores para a aferição do gasto de combustível, pois é de fácil obtenção e de análise simples.

4.2. Patinagem

Na Tabela 8 e nas Figuras 18, 19 e 20 são mostrados os valores de patinagem obtidos com o trator. Observa-se que na V2 e V3 com o combustível OV₂₀ obteve-se os maiores percentuais de patinagem dos rodados, enquanto que, com o diesel comercial (OV₀), o percentual entre as velocidades não diferiram.

Tabela 8. Síntese da análise de variância e do teste de médias para patinagem

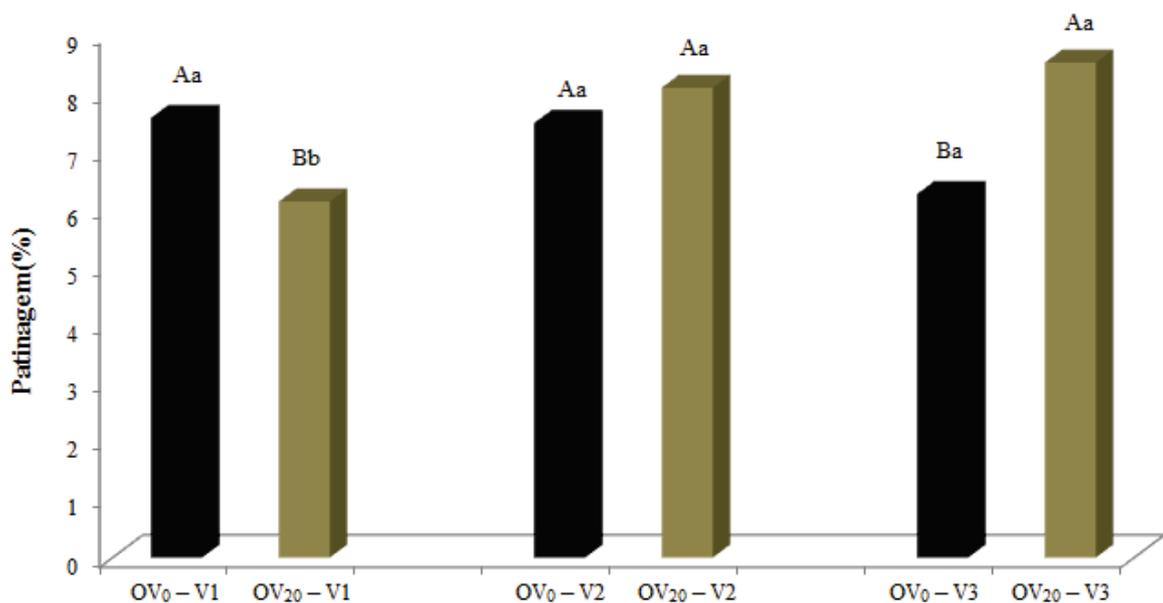
		Patinagem (%)		
TEST F		QM		
Combustível		2,745633 ^{ns}		
Carga		259,377008 ^{**}		
Velocidade		3,542700 ^{ns}		
Combustível x Carga		2,502533 ^{ns}		
Combustível x velocidade		13,766608 ^{**}		
Carga x Velocidade		6,308008 ^{ns}		
Combustível x Carga x Velocidade		3,783033 ^{ns}		
FATORES		VELOCIDADE		
COMBUSTÍVEL/VELOCIDADE		V1	V2	V3
OV ₀		7,56 Aa	7,47 Aa	6,25 Ba
OV ₂₀		6,12 Bb	8,08 Aa	8,51 Aa
		CARGA		
COMBUSTÍVEL/CARGA		CC	SC	
OV ₀		9,64 Aa	4,54 Ab	
OV ₂₀		9,66 Aa	5,47 Ab	
		VELOCIDADE		
CARGA/VELOCIDADE		V1	V2	V3
Com Carga		8,45 Ab	10,34 Aa	10,18 Aab
Sem Carga		5,22 Ba	5,21 Ba	4,58 Ba
Media Geral (%): 7,32				
Coeficiente de Variação (%): 19,20				

Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns} não significativo. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna, minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, em nível de 5% pelo teste de Tukey. **V1 – Velocidade teórica de deslocamento de 3,00 km h⁻¹; **V2** – Velocidade teórica de deslocamento de 4,00 km h⁻¹; **V3** – Velocidade teórica de deslocamento de 5,00 km h⁻¹.

Não houve significância no índice de patinagem em ambos os combustíveis testados quando o trator operou com e sem carga. O trator com carga obteve os maiores valores de patinagem em relação ao trator sem carga, tanto no OV₀ quanto no OV₂₀, melhor ilustrado na

Figura 19. Os percentuais de patinagem obtidos para o trator sem carga e alimentado com OV_0 e OV_{20} foram: 4,54% e 5,47%, respectivamente; e com carga apresentou percentuais de 9,64% e 9,66%, ou seja um acréscimo de patinagem de 112,33% e 76,59%, respectivamente. Tal incremento pode ser explicado devido à existência da palhada no local do experimento, como já mencionado acima. De acordo com Mahl, (2002) a palhada sobre o solo dificulta a aderência dos rodados, elevando os índices de patinagem, acarretando um aumento significativo da demanda da força de tração e potência da barra.

O coeficiente de variação apresentou valor de 19,20%. Em grande parte da literatura que se refere ao estudo de patinagem observam-se coeficientes de variação bastante altos. Mesmo assim, foi inferior aos resultados encontrados por Pavan Junior (2006), quando avaliou um trator Valtra BM 100 tracionando semeadora adubadora, e de LOPES et al. (2003b), que apresentaram valores médios de 19,5 para os rodados traseiros e 20,5% para os rodados dianteiros, em condições de solo firme, textura argilosa em operação de preparo do solo com escarificador.



Legenda

OV_0 : Óleo diesel comercial

OV_{20} : Óleo diesel comercial- 80% + óleo vegetal de girassol - 20%

V1: Velocidade teórica de deslocamento de 3 km h⁻¹

V2: Velocidade teórica de deslocamento de 4 km h⁻¹

V3: Velocidade teórica de deslocamento de 5 km h⁻¹

Figura 18. Valores médios comparativos para o percentual de patinagem do fator tipo de combustível em função da velocidade.

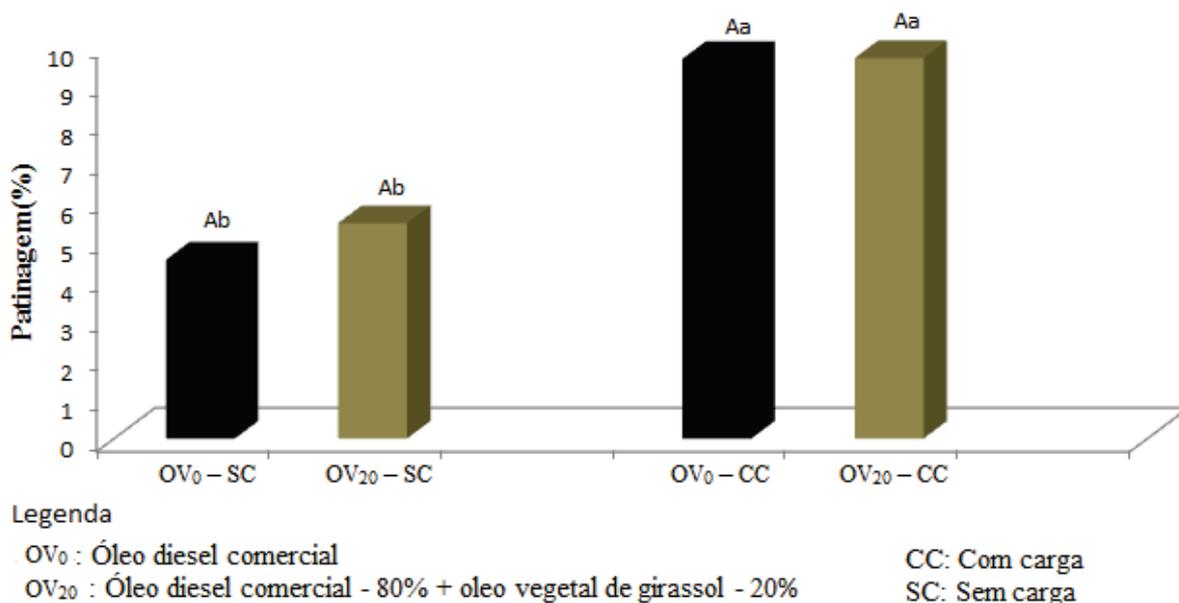


Figura 19. Valores médios comparativos para o percentual de patinagem do fator tipo de combustível em função da carga.

Analisando carga em função das velocidades testadas (Figura 20), notou-se que, no trator operando com carga, entre as velocidades de trabalho, os percentuais de patinagem não diferiram entre si, o mesmo registrado para o trator operando sem carga. Esses resultados foram contrários aos encontrados por Masiero et al. (2011), que obtiveram menores valores de patinagem com o aumento da velocidade de deslocamento do trator, em avaliação do desempenho de tratores agrícolas 4x2 – TDA, em função da velocidade de deslocamento e da relação entre o peso e a potência.

Os resultados obtidos neste trabalho são semelhantes aos encontrados por Pavan Junior (2006). Ao avaliar a semeadora em função do manejo da palhada e velocidade de trabalho na cultura da soja em sistema de plantio direto com trator Valtra BM 100, 4X2 TDA, esse pesquisador concluiu que a variação na velocidade de deslocamento na operação de semeadura não interferiu na patinagem dos rodados traseiros do trator. A semelhança dos valores de patinagem nas velocidades testadas pode ser explicado pelo fato do implemento utilizado ter pouco contato com o solo, diferentemente dos implementos que se fixam ao solo, onde as velocidades podem exercer diferentes valores de patinagem. Nota-se que, com o trator em operação de trabalho (CC), o percentual de patinagem apresentou-se dentro e um pouco superior aos intervalos de 8 a 10%, recomendados pela ASAE (1997) para obtenção da máxima eficiência de operação em solos não mobilizados.

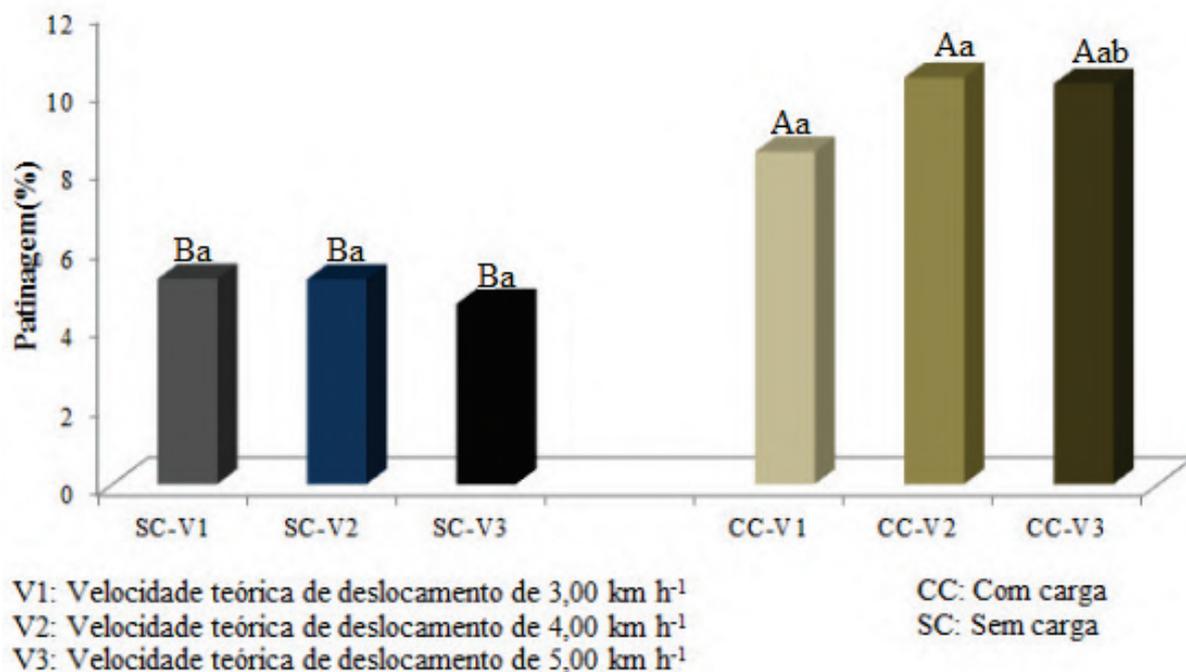


Figura 20. Valores médios comparativos para o percentual de patinagem, do fator carga em função da velocidade.

4.3. Custo horário do trator com os combustíveis utilizados no experimento

Os valores utilizados nas equações foram obtidos no segundo semestre do ano de 2015. Tais valores foram obtidos por meio de pesquisas *in loco*, via telefone e internet.

Na tabela 9, tem-se o capital inicial (Ci) que representa o valor do trator (R\$35.000,00), considerando seu estado de conservação, com preço sugerido por agricultores e revendedoras de máquinas agrícolas da região onde foi realizado o experimento.

A taxa de juros por ano (Tj) apresentou um valor de 5,5% ao ano. Tal valor foi referenciado pelo plano safra 2015/2016, do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF (BRASIL, 2015c). Outras taxas de juros são acessíveis nas agências bancárias, porém optou-se por esta taxa devido ao PRONAF apresentar alíquota de juros mais interessantes para a agricultura familiar.

A empresa que forneceu o óleo vegetal de girassol (OV₁₀₀) para os testes cessou sua produção há mais de cinco anos, conversas com alguns dos responsáveis pela produção da empresa na época, esclareceram que o valor de compra para terceiros era próximo ao valor do óleo refinado de girassol vendido no comércio. Este valor era de aproximadamente R\$ 5,25 para recipientes com novecentos mililitros e, portanto, R\$ 5,83 o litro de óleo vegetal de

girassol. Para efeito do cálculo, foi utilizada a média de consumo do trator operando com carga na ocasião do experimento, conforme discutido na avaliação de consumo e apresentada na Tabela 7 e Figura 17, com a média de consumo apresentando valores próximos a 7 litros de combustível por hora.

Tabela 9. Valores levantados dos itens usados para determinação do custo horário do trator

Item	Unidade	Quantidade utilizada	Valor unitário	Valor referência *
Capital inicial (Ci)	R\$	1	35.000,00	35.000,00
Capital médio (Cm)	R\$	1	19.250,00	19.250,00
Taxa de juros / ano (Tj%)	%	5,5	-	-
Tempo de trabalho/ano (t)	Horas	-	-	1.000
Sucata ou valor de revenda (S)	R\$	-	-	3.500,00
Tempo de vida útil do trator (Tu)	Horas	-	-	12.000
Taxa de alojamento (Ta)	R\$	-	-	700,00
Taxa de capital inicial/seguro (i)	R\$	-	-	700,00
Óleo diesel comercial – OV ₀	Litro	7	2,87	2,87
Óleo vegetal de girassol (20%) - OV ₁₀₀	Litro	7	5,83	5,83
Óleo diesel comercial (80%) + óleo vegetal de girassol (20%) - OV ₂₀	Litro	7	3,46	3,46
Capacidade reservatório óleo de motor	Litros	7,4	14,52	107,43
Óleo de caixa de câmbio, hidráulico, diferencial traseiro e freios	Litros	37,5	14,62	548,34
Graxa	Quilos	1	19,43	19,43
Filtro de óleo do motor	Unidade	1	19,80	19,80
Filtro de combustível	Unidade	1	7,60	7,60
Filtro do sistema hidráulico	Unidade	1	85,00	85,00
Filtro de ar	Unidade	1	68,00	68,00
Pneu dianteiro com câmara	Unidade	2	574,78	1.149,56
Pneu traseiro com câmara	Unidade	2	3.270,93	6.541,86
Operador (encargos e 13º salário)	Mensal	13	1.970,00	25.610,00

*Valor utilizado para efeito de cálculo nas equações 2,3,4,5,6,7,8,9 e para determinação de valores dos materiais de substituição periódica, graxa, pneus e operador.

A Tabela 10 demonstra que os custos fixos giraram em torno de R\$ 5,08 para os dois combustíveis testados. No entanto, os custos variáveis diferiram entre os combustíveis, sendo o único item que alterou seu valor. O diesel comercial (OV₀) apresentou igual a R\$ 53,67 para os custos variáveis, enquanto o combustível com mistura de óleo vegetal de girassol (OV₂₀) mostrou um valor de R\$ 57,79. Esses valores refletiram nos totais do custo horário do trator, fechando a R\$ 58,75 e R\$ 62,87, respectivamente.

O trator abastecido com óleo diesel comercial B S10 apontou um custo horário 7% menor que o trator alimentado com OV₂₀, o que pode ser considerada uma expressiva diferença de custo. Este resultado se mostra contrário ao obtido por Siqueira et al. (2014a), quando avaliaram desempenho na barra de tração e composição do custo operacional de um trator agrícola de pneus, alimentado com misturas de óleo diesel e óleo de soja reutilizado. Esses pesquisadores verificaram que a utilização das misturas de óleo diesel com óleo de soja reutilizado submetido a seis tipos de carga (sem carga, ponto morto, quarta, terceira, segunda e primeira marcha simples) se apresentou viável economicamente nas avaliações com as cargas elevadas.

Da mesma forma, com resultado opostos, Siqueira et al (2014b) demonstrou viabilidade econômica quando analisou o custo horário de um trator agrícola Valmet 65ID, alimentado com óleo diesel, biodiesel de pinhão manso e três misturas com diferentes proporções entre esses dois combustíveis (25,50 e 75% de diesel).

Tabela 10. Resultados da análise de custo horário do trator

Custos	Item	Custo (R\$ h⁻¹)
Fixos	Juros (j)	1,06
	Depreciação (Dp)	2,62
	Alojamento (Al)	0,70
	Seguros (S _{eg})	0,70
Subtotal		5,08
Variáveis	Combustível	20,10 ^A / 24,22 ^B
	Lubrificante	2,29
	Material de substituição periódica	0,31
	Pneus	2,56
	Reparos	2,80
	Operador	25,61
Subtotal		53,67^A/ 57,79^B
Total		58,75^A/ 62,87^B

^A = diesel comercial (OV₀), ^B = mistura de 80% de diesel comercial + 20% de óleo de girassol.

Com o trator alimentado com óleo diesel comercial B S10, os custos fixos representaram aproximadamente 8,65% e os custos variáveis 91,35% dos custos totais. A Figura 21 ilustra a distribuição percentual do somatório do custo total horário para o trator, utilizando óleo diesel comercial B S10 (OV₀). Percebe-se que o item combustível representa 34,21% de todos os custos, valor semelhante ao encontrado por Mirani et al. (1989), em trator MF 265, quando coletou dados sobre algumas marcas e modelos de trator agrícola, entre 1975

e 1984, no Paquistão. Tal valor representou nesse estudo um total de 33,69%. O mesmo trabalho apontou ainda os seguintes valores: juros 7,58%, abrigo 2,38%, seguro 0,03%, salário do operador 12,68%, lubrificantes 2,31%, reparos 28,9% e depreciação com 12,42%.

O salário do operador e o combustível foram os itens de porcentual mais elevados entre os custos, resultado semelhante ao apresentado por Vale (2011), quando estudou o custo operacional das operações de roçagem, aração e semeadura no sistema convencional e direto, utilizando o trator John Deere 5705 4x2 TDA.

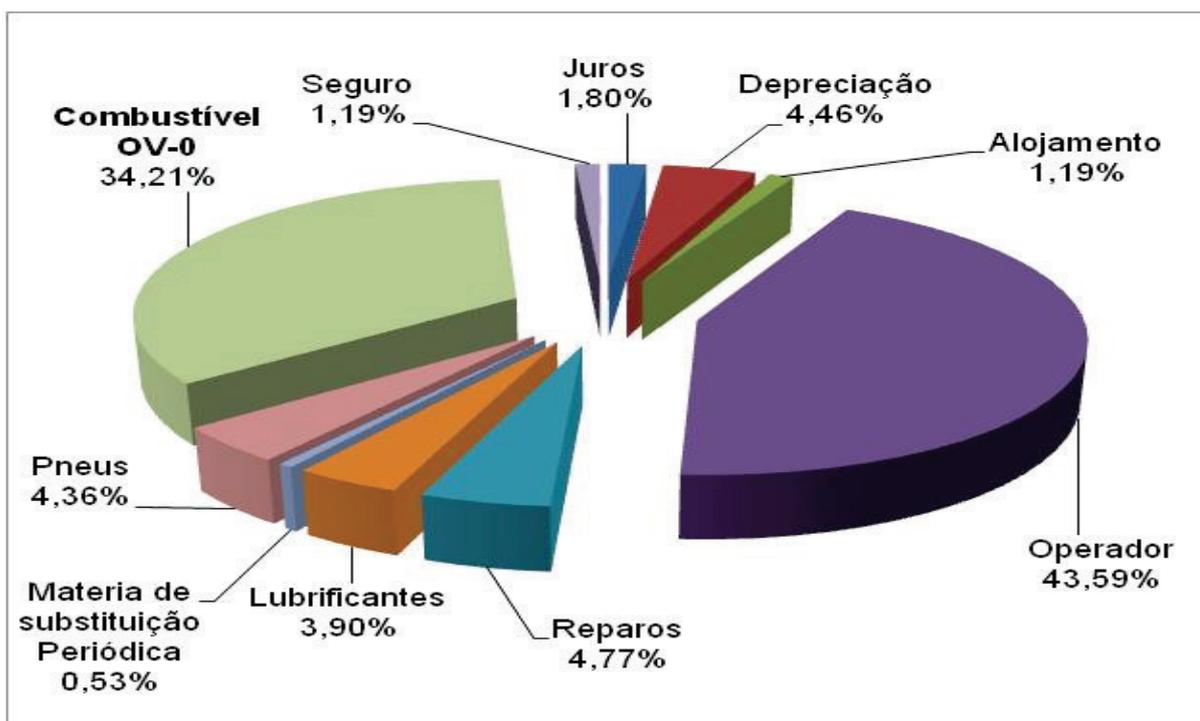


Figura 21. Participação relativa dos componentes do custo horário do Trator MF 275 alimentado com óleo diesel comercial.

Fonte: Autor (2015).

A Figura 22 apresenta a distribuição dos custos do trator abastecido com mistura de óleo diesel comercial B S10 mais óleo vegetal de girassol (80%+20%) – OV₂₀. Nota-se que o combustível OV₂₀ atingiu o percentual de 38,52% dos custos totais, o que representa um custo maior que o custo horário do trator abastecido com OV₀, cujo percentual foi de 34,21% para este item (Figura 21).

Combustíveis e lubrificantes representaram nas duas comparações percentuais acima de 38% dos custos totais, valores superiores do geralmente representados. Esses valores deveriam variar entre 20 e 30%, conforme afirma Kamphorst (2003).

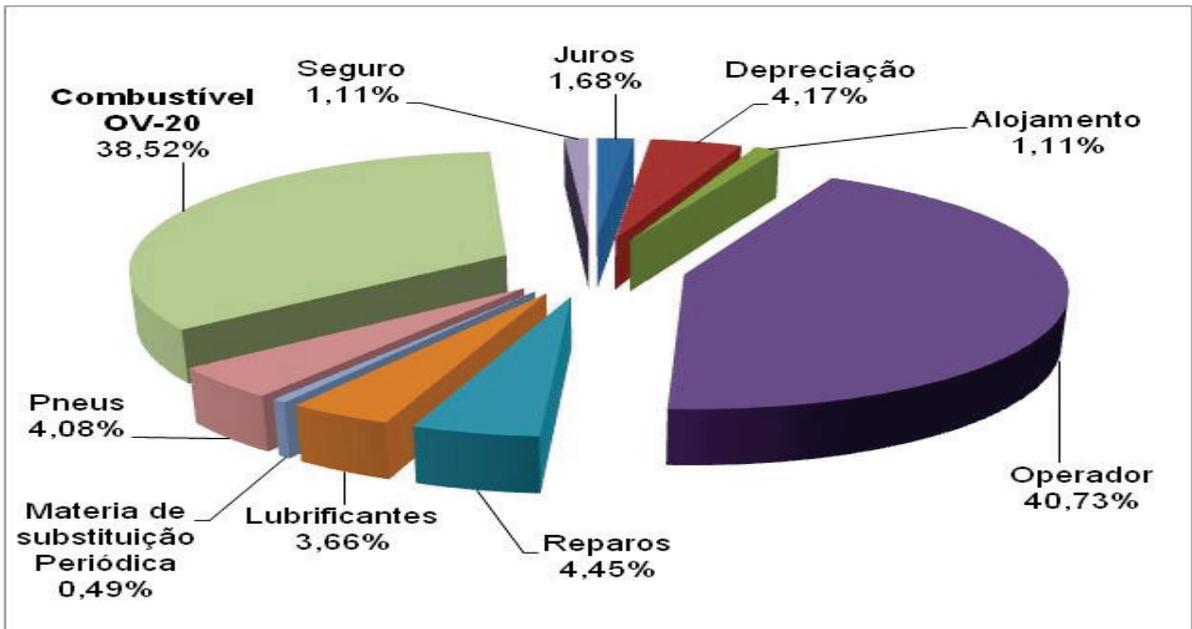


Figura 22. Participação dos componentes do custo horário do Trator MF-275 alimentado com mistura de óleo diesel comercial B S10 (80%) e Óleo vegetal de girassol (20%) .
 Fonte: Autor (2015).

No item óleo vegetal, o seu valor de aquisição está baseado nos mesmos valores praticados no comércio local para o óleo vegetal de girassol comestível. Assim, para esta condição, o custo horário do trator abastecido com este biocombustível, mesmo com a mistura de 20%, se torna inviável economicamente. No entanto, é oportuno ressaltar que o óleo pode ser produzido em propriedades rurais, onde a venda de subprodutos (torta e borra), resultantes da prensa do girassol, podem reduzir em até 63% o custo de produção, conforme resultados obtidos por DSMM/CATI/SAA-SP (2003).

5 CONCLUSÃO

Não houve diferença relevante de consumo para ambos os combustíveis estudados.

O consumo de combustível foi maior para o trator operando com carga independente da velocidade de deslocamento.

O trator com carga teve os maiores valores de patinagem nas três velocidades testadas.

O Custo horário do trator MF-275 4 X2 foi 7% maior, quando abastecido com OV20 em comparação com OV0, tornando-se inviável economicamente nas condições em que foi conduzido o experimento.

6 RECOMENDAÇÕES

Recomendam-se novos estudos, utilizando como combustível o óleo de girassol, filtrado a 0,5 micron em máquinas agrícolas, em vários percentuais de misturas, chegando até 40%, com o diesel comercial. Também seria interessante que os testes fossem feitos em longa duração (acima de 200 horas) e com o intuito de avaliar os componentes internos do motor, como vida útil de peças e de óleos lubrificantes.

A forma de obtenção do óleo vegetal de girassol em pequena propriedade rural e sua forma de filtragem são temas de pesquisas que merecem atenção, tanto com relação às questões econômicas, como em relação aos impactos sociais e ambientais. Eis aqui questões prósperas para pesquisas futuras.

7 REFERÊNCIAS

ACUÑA, R.R.D.; MANTOVANI, E.C.; MARTYN, P.J.; BERTAUX, S. Comparação do coeficiente de tração e da eficiência tratorial de um trator agrícola obtidos pela equação de Wismer & Luth e por ensaios de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 4, v. 30, p. 523 – 530, 1995.

AEAGRI/DEA/UFV **Engenharia na agricultura**. Caderno 55, 2007. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAfwMAB/caderno-55-biodiesel-fatos-atualidades?part=2>. Acesso em: 20, novembro, 2014.

ASAE. **American Society of Agricultural Engineers**. Agricultural tractor test code. In: ASAE STANDARDS (ed.). Saint Joseph: Editora American Society of Agricultural Engineers, 1997. p. 407-411. (J708).

BACKES, R.L; SOUZA, A.M.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; GALLOTI, G.J.M.; BAVARESCO, A. Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio safrinha no planalto norte catarinense. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n.1, p.41-48, 2008.

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas Agrícolas**. Piracicaba: Editora Manole LTDA, 2005. 322p.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 4. ed. 2006. 237p.

BIODIESELBR. **Motor diesel**. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/biodiesel/motor-diesel/motor-diesel.htm>. 2006. Acesso em: 09, janeiro, 2016.

BRANCALIÃO, S.R. **Triton: É sempre eficiente no manejo da fitomassa?** Campinas, 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_3/Triton/index.htm>. Acesso em: 16, novembro, 2014.

BRANQUINHO, K.B.; FURLANI, C.E.A.; LOPES, A.; SILVA, R.P.; GROTTA, D.C.C.; BORSATTO, E.A. Desempenho de uma semeadora -adubadora direta, em função da velocidade de deslocamento e do tipo de manejo da biomassa da cultura de cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, p. 374-380, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Agroenergia**. 2006. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/planos%20e%20programas/PLANO%20NACIONAL%20DE%20AGROENERGIA.pdf. Acesso: 30, abril, 2015.

BRASIL. **Resolução ANP nº 7**, de 19 de março de 2008. Dispõe sobre especificação do biodiesel. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2008. Disponível em: www.anp.gov.br. Acesso em: 05, junho, 2015.

BRASIL. Notas à imprensa. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2013. Disponível em: www.anp.gov.br. Acesso em: 30, março, 2015.

BRASIL. **Portal Brasil. Governo aumenta percentual de biodiesel no óleo diesel**. Disponível em <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2014/05/governo-aumenta-percentagem-de-biodiesel-no-diesel>. 2014a. Acesso em 30, junho, 2015.

BRASIL. **Lei nº 13.033, de 24 setembro de 2014**. 2014b. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/113033.htm. Acesso em: 30, junho, 2015.

BRASIL. **Biocombustíveis**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2015a. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?id=470>. Acesso em: 15, abril, 2015.

BRASIL. PETROBRAS. Produtos > Para Indústrias e Termelétricas > **Óleo Diesel**. 2015b. Disponível em: [http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/paraindustriasetermeletricas/oleodiesel/ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hLf0N_P293QwP3YE9nAyNTD5egIEcnQwsLQ_2CbEdFAHrtAYU!/. Acesso em: 30, junho, 2015.](http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/paraindustriasetermeletricas/oleodiesel/ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hLf0N_P293QwP3YE9nAyNTD5egIEcnQwsLQ_2CbEdFAHrtAYU!/)

BRASIL. BCB - Banco Central do Brasil. **Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – Pronaf**. 2015c. Disponível em: http://www.bcb.gov.br/pre/bc_atende/port/PRONAF.asp#12. Acesso em: 09, outubro, 2015.

BRAVO, E. **Agrocombustíveis, cultivos energéticos e soberania alimentar na América Latina**. São Paulo: Expressão popular, 2007. 112p.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na

entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1269-1276, 2007.

BORSUK, L.J.; SCHLINDWEN, S.L.; MARTINS, S.R.; Viabilidade econômica e fatores Limitantes do cultivo de girassol no período da safrinha em Abelardo Luz/SC. **Revista Brasileira Agrociências**, Pelotas, v.17, n.2-4, p.277-283, 2011.

CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R. **Máquinas para manejo de vegetação e semeadura em plantio direto**. IAPAR, 2006. Disponível em http://www.agromac.com.br/r_casao/maquinas_plantio_direto.pdf. Acesso em: 16, novembro, 2014.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B.C.; KARAM, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIA, J.R.B. **A cultura do girassol** : Embrapa-Soja, Londrina: Embrapa-CNPSo, 1996. 38p. (Circular Técnica, 13).

CENTENO, A.S.; KAERCHER, D. Custo operacional das máquinas agrícolas. **Agrianual**, São Paulo, v. 15, p. 113-116, 2010.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Informe Técnico**. Disponível em <http://www.conab.gov.br>. 2015. Acesso em: 28, abril, 2015.

CORSATO, J.M.; FORTES, A.M.T.; SANTORUM, M.; LESZ CZYNSKI, R. Efeito alelopático do extrato aquoso de folhas de girassol sobre a germinação de soja e picão preto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 2, p. 353-360, abr./jun. Londrina, 2010.

D'AGOSTO, M.A. **Análise da eficiência da cadeia energética para as principais fontes utilizadas em veículos rodoviários no Brasil**. 2004, 259f. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado Engenharia de transportes).

DSMM/CATI/SAA-SP. Uso do óleo bruto de girassol como combustível. **Centro de Testes, Avaliação e Divulgação/DSMM/CATI/SAA-SP**. Manduri, 2003. Disponível em <http://www.agrisustentavel.com/doc/biodiesel.htm>. Acesso em: 21, outubro, 2015.

ECODEBATE. **Brasil é o 5º maior investidor em energias renováveis do mundo**. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br/2011/12/01/brasil-e-o-5%C2%BA-maiorinvestidor-em-energias-renovaveis-do-mundo/>. 2011. Acesso em: 01, agosto, 2015.

ELSBETT. **Engines running on pure vegetable oil as regrowing fuel**: History, Development, Experience, Chances. 2008, disponível em < <http://www.elsbett.com/>>. Acesso em: 04, dezembro, 2015.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2014**. Londrina: Embrapa. Sistemas de Produção/Embrapa soja, ISSN 1677-8499, nº16, 2013. 268p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Girassol**. 2015. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/girassol>>. Acesso em: 23, junho, 2015.

ESCOBAR, J.C.; LORA, E.S.; VENTURINI, O.J.; YANEZ, E.; CASTILLO, E.F. Biofuels: environment, technology and food security. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, p.1275-1287, 2009.

FAO. **Food and agriculture organization of the united nations**. 2015. Disponível em <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=es#ancor> Acesso em: 31, março, 2015.

FUCHS, W. **Colha óleo vegetal**. Curitiba: Editora Betânia, 2006. 120 p.

FUCHS, W. Entregar os dedos para não perder os anéis? Biocombustíveis e sustentabilidade. **Revista Cotton Business**, Campinas, n. 5, p. 66-70, 2007.

FIGLIAREZZI, C. **Transição Agroecológica em sistemas de produção de batata**, 2005. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria - Centro de Ciências Rurais - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Santa Maria.

FREITAS, M.S. **No Brasil, falta execução**. Agroanalysis, 2007. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/>> Acesso em: 30, julho, 2015.

FURLANI, C.E.A.; LOPES, A.; ABRAHÃO, F.Z.; LEITE, M.A. S. Características da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função do tipo de preparo do solo e da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 177-86, 1999.

FURLANI, C.E.A.; LOPES, A.; TIMOSSI, P.C. Preparando o Campo. **Revista Cultivar Máquinas**. 2003. Disponível: <http://www.ruralsoft.com.br/manejo/manejoExibe.asp?id=159#.VTjc5pMwD7Q>. Acesso em: 23, abril, 2015.

FURLANI, C.E.A.; JÚNIOR, Á.P.; LOPES, A.; SILVA, R.P.; GROTTA, D.C.C.; CORTEZ, J. W. Desempenho operacional de semeadura - adubadora em diferentes manejos da cobertura e da velocidade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 456 -462, , 2007.

GABRIEL FILHO, A.; SILVA, S.L.; MODOLO, A.J.; SILVEIRA, J.C. 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.; MONTEIRO, L.A.; LANÇAS, K.P.; GUERRA, S.P.S.; JESUINO, P.R. Influência da altura das garras dos pneus de um trator em área de plantio direto. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.10, p.1123-1128, 2010.

GABOS, M.B.; CASAGRANDE G.; ABREU, C.A.; PAZ-FERREIRO, J. Uso da matéria orgânica como mitigadora de solo multicontaminado e do girassol como fitoextratora. **Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v.15, n.12, p. 1298-1306, 2011.

GOES, T.; MARRA, R;. **Biocombustíveis – Uma alternativa para o mundo, uma oportunidade para o Brasil**. 2008. Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/17371/1/Biocombustuivel-2008_SGE.pdf Acesso em : 04, novembro, 2014.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E.R.O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.E.; FRIES, M.R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 02, p. 325-334, 2003.

GUERRA, E.P.; FUCHS, W. Mini-usina de óleo vegetal comestível e biocombustível. In: SIMPÓSIO BRASIL ALEMANHA/DEUTSCH-BRASILIANISCHES SYMPOSIUM, 4., 2009, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: UFPR. CD-ROOM, 2009a.

GUERRA, E.P.; FUCHS, W. **Produção de óleo vegetal: comestível e biocombustível**: Viçosa: CPT, 2009b. 226p.

GUERRA, E.P.; FUCHS, W. Biocombustível renovável: uso de óleo vegetal em motores. **Revista Acadêmica Agrária Ambiental**, v. 8, n.1, p.103-112, jan/março. Curitiba, 2010.

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

KAMPHORST, J.S. **Quanto custa seu trator**. Artigo Técnico. Revista Cultivar Máquinas. Edição 24, outubro de 2003. Disponível em: http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/m24_quantogasta.pdf. Acesso em: 29, setembro, 2015.

LAZZAROTTO, J.J.; ROESSING, A.C.; MELLO, H.C. O agronegócio do girassol no mundo e no Brasil. In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (eds.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 500-546.

LEITE, D.L.; BRAGA, V.S. **Esterificação e transesterificação**: conheça as características dessas reações. 2008. Portal UOL Disponível em: <http://educacao.uol.com.br/disciplinas/quimica/esterificacao-e-transesterificacao-conheca-as-caracteristicas-dessas-reacoes.htm>. Acesso em: 10, dezembro, 2015.

LINDFELDT, E.G.; WESTERMARK, M.O. Biofuel production with CCS as a strategy for creating a CO₂-neutral road transport sector. **Energia Procedia**, v.1, p. 4111-4118, 2009.

LOPES, A.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, R.P. Desenvolvimento de um protótipo para a medição do consumo de combustível em tratores. **Revista Brasileira de Agroinformática**, Lavras, v. 5, n.1, p.24-31, 2003a.

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

LOPES, R.A.P.; MARTINS, E.A.S.; SANTOS, R.P.B.; VIEIRA, L.H.S. SADMA - Sistema de Análise de Desempenho de Máquinas Agrícolas. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 09. Vitória, 2010. **Resumos...** Vitória: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2010. Disponível em: CD-ROM.

MAHL, D. **Desempenho de semeadoras-adubadoras de milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto**, 2002. 160 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MAHL, D.; GAMERO, C.A.; BENEZ, S.H.; Demanda energética de semeadora adubadora de plantio direto em função de elemento de corte, velocidade e tipo de solo. **Revista Energia da agricultura**, v.23, n.3, pg. 15-36, Botucatu, 2007.

MAJEWSKI, W.; JÄÄSKELÄINEN, H. **Biodiesel - mono alkyl esters**. Diesel Net technology guide, 2009. Disponível em: <www.dieselnets.com>. Acesso em: 16, junho, 2015.

MARONEZI, A.P.; PRUCOLI, M. **A viabilidade econômica do empreendimento biodiesel**. 2009. Disponível em: <http://maua.br/files/artigos/artigo-a-viabilidade-economica-do-empreendimento-do-biodiesel.pdf>>. Acesso em: 22, dezembro, 2015.

MASIERO, F.C.; LANÇAS, K.P.; LYRA, G.A.; OGURI, G.; MONTANHA, G.K. Avaliação do desempenho de tratores agrícolas 4x2 – TDA em função da velocidade de deslocamento e da relação entre o peso e a potência. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA-CONBEA. Cuiabá, 2011. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/267154237_performance_evaluation_of_agricultural_tractors_4_wd_in_function_of_forward_speed_and_the_relationship_between_its_weight_and_power. Acesso em: 23, dezembro, 2015.

MAZIEIRO, J.V.G., CORRÊA I.M. Biocombustível em xeque. **Revista Cultivar Máquinas**. n. 32, p. 06-09, 2004.

MAZIEIRO, J.V.G.; CORRÊA, I.M. **Uso de óleo bruto de girassol em motor diesel**. Centro APTA de Engenharia e Automação. 2007. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/biodiesel/oleobruto.pdf>. Acesso em: 12, agosto, 2016.

MAZIEIRO, J.V.; CORRÊA, I.M.; ÚNGARO, M.R.; BERNARDI, J.A.; STORINO, M. Desempenho de um motor diesel com óleo bruto de girassol. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.12, n.2, p.249-255, abril/junho, 2007.

MAZIEIRO, J.V.G.. **Utilização do óleo de girassol como combustível em motor diesel**. 1º Seminário dos Programas Estratégicos do APTA - “Bioenergia: viva melhor com ela” (Simpósio). Campinas, 2007. Disponível em: [http://ptdocz.com/doc/393803/utiliza%](http://ptdocz.com/doc/393803/utiliza%20o%20leo%20de%20girassol%20como%20combustivel%20em%20motor%20diesel)

C3%A7%C3%A3o-do-%C3%B3leo-de-girassol-como-combust%C3%Advel-em-motor-....

Acesso em: 13, dezembro, 2015.

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

MILAZZO, M.F.; SPINA,F; PRIMERANO, BART, J.C.J. Soy biodiesel pathways: Global prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 26, p. 579-624, 2013.

MIRANI, A.N; BUKHARI, S.; ZAFARULLAH, M. **Unit cost of operations of farm tractors. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America**, Japan, v. 20, n.3, p. 44-46, 1989.

MONTEIRO, L.A.; LANÇAS, K.P.; GUERRA, S.P.S. Desempenho de um trator agrícola equipado com pneus radiais e diagonais com três níveis de lastros líquidos. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.3, p.551-560, maio/jun. Jaboticabal, 2011.

NEVES, D.C.; FURLANI, J.E.; SANTOS, M.L.; SILVA, M.S. **Cobertura do solo em diferentes sistemas de manejo da palhada no cultivo de algodoeiro em plantio direto**. 2007. Disponível em: http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/cba6/trabalhos/Mecanizacao_Agricola/Trabalho%20MA01.pdf. Acesso em: 08, abril, 2015.

NEVES, M.C.T.; LOPES, A.; LIMA, L.P.; OLIVEIRA, M.C.J.O.; KOIKE, H.A. Desempenho do trator agrícola em função do tipo de biodiesel (soja x murumuru). **Engenharia na Agricultura (Reveng)**, Viçosa, v. 21, n.4, 2013.

NIMET, G; DA SILVA, E.A.; PALÚ, F.; DARIVA,C.; FREITAS, L.S.; MEDINA NETO, A.; CARDOZO filho, I. Extraction of sunflower (*Helianthus annus L.*) oil with supercritical CO₂ and subcritical propane: Experimental and modeling. **Chemical Engineering Journal**, v. 168, n.1, p. 262-268, 2011.

OLIVEIRA, M.C.J. **Biodiesel de mamona em trator: Desempenho em função do período de armazenamento e da proporção Biodiesel/Diesel em condições de preparo do solo**. 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) - Faculdade de Ciências Agrária e Veterinária (UNESP), Jaboticabal.

PACHECO, E.P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas**. Rio Branco: Embrapa Acre, ISSN 0104-9046, doc. n.58, 2000. 21p.

PARENTE, E.J.S. Uma aventura tecnológica num país engraçado. **Conjuntura e Planejamento**, Salvador, v. 1, n. 122, p. 26-31, 2004.

PAVAN JÚNIOR, A. **Sistema plantio direto: Avaliação de semeadora em função do manejo da palhada e velocidade de trabalho na cultura da soja**. 2006. 45 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Ciência do Solo) - Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal.

PELEGRINI, B. **GIRASSOL Uma planta solar que das Américas conquistou o mundo**. Ed. Cone São Paulo, 1985. 117p.

PIMENTA JUNIOR, V.A. **Biodiesel: uso, limitações e implicações técnicas devido à degradabilidade oxidativa**. 2013, 158 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Escola de Economia de São Paulo, da Fundação Getúlio Vargas – EESP – FGV, São Paulo.

RATHMANN, R.; BENEDETTI O.; PLÁ, J.A.; PADULA, A.D. **Biodiesel: uma alternativa estratégica na matriz energética brasileira?**. 2005. Disponível em http://sottili.xpg.uol.com.br/publicacoes/pdf/Iiseminario/sistemas/sistemas_03.pdf. Acesso em: 22, dezembro, 2015.

RIBEIRO, M.F.S.; RAIHER, A.P. Desempenho econômico da cultura do girassol em sistemas de agricultura familiar do sudeste paranaense. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 786-791, maio 2013.

RIGUETTI, N.B.; SOUSA, S.F. GOMES.; TAVARES L.A.F.; CORREIA, T.P.; DA SILVA.; SILVA, P.R.A.; BENEZ. S.H. Diferentes Manejos da Palha de aveia preta na produtividade de milho em plantio direto. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 22, p.x.x, 2012. Disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/nc7A7yU6Tdbkn6z_2013-5-17-18-13-29.pdf. Acesso em: 08, abril, 2015.

SAAD, O. **Seleção do equipamento agrícola**. São Paulo: Editora Nobel, 1978. 127p.

SALTON, C.J.; HERNANI, C.L.; FONTES, Z.C. **Coleção 500 perguntas e 500 respostas, Sistema Plantio Direto**. Brasília: Embrapa, 1998. 68p.

SCHRIMPF, E. **Biodiesel ou óleo vegetal**: a pergunta pela melhor estratégia de combustíveis. Alemanha, 2002a. Disponível em: <http://www.elsbett.com/fileadmin/elsbett/archiv/de/presse/schrimpf.pdf>. Acesso em: 09, dezembro, 2015).

SCHRIMPF, E. **A posição do óleo vegetal**: comparado a outros combustíveis de origem biológica. Alemanha, 2002b. Disponível em: http://www.projeto.br.com.br/c/document_library/get_file?folderId=75&name=%C3%93leo+Vegetal+2+-+Prof.+Schrimpf.pdf&download=true. Acesso em: 01, março, 2015.

SILVEIRA, J.M.; MESQUITA, C.M.; PORTUGAL, F.A.F. **Colheita de girassol com plataforma de milho adaptada**. Londrina, 2005. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/60603/1/Folder-06-2005.pdf>. Acesso em: 07, dezembro, 2015.

SILVEIRA, G.M.; SIERRA, J.G. Eficiência energética de tratores agrícolas fabricados no Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n. 4, p. 418-424, 2010.

SIQUEIRA, W.C.; ABRAHÃO, S.A.; COSTA FILHO, L.S.; CONCEIÇÃO, J.L.; BARBOSA, L.P. Desempenho na barra de tração e composição do custo operacional de um trator agrícola de pneus, alimentado com misturas de óleo diesel e óleo de soja reutilizado. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.10, n.18, p. 3825 – 3841, 2014a.

SIQUEIRA, W.C.; FERNANDES, H.C.; SANTOS, F.L.; SILVA, A.C.; ABRAHÃO, S.A. Custo horário de um trator agrícola alimentado com diferentes proporções de óleo diesel e biodiesel de pinhão manso. **Engenharia na Agricultura (Reveng)**, Viçosa v. 22, n.5, p. 399-407, 2014b.

SORANSO, A. M. **Desempenho dinâmico de um trator agrícola utilizando biodiesel destilado etílico e metílico**. 2006. 45 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Engenharia de Sistemas Agroindustriais)- Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

SORANSO, A.M.; GABRIEL FILHO, A.; LOPES, A.; SOUZA, E.G.; DABDOUB, M.J.; FURLANI, C.E.A.; CAMARA, F.T. Desempenho dinâmico de um trator agrícola utilizando biodiesel destilado etílico e metílico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Agriambi)**, Campina Grande, v. 12, n.5, p. 553-559, 2008,

SLUSZZ, T.; MACHADO, J.A.D. **Características das potenciais culturas matérias-primas do biodiesel e sua adoção pela agricultura familiar.** 2006. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v1/032.pdf>. Acesso em: 30, abril, 2015.

SMIDERLE, O.J. **O girassol como alternativa de combustível.** 2015. Disponível em: <http://www.agrisustentavel.com/artigos/girassol.htm>. Acesso em: 23, junho, 2015.

TEIXEIRA, S.S.; MACHADO, A.L.T.; REIS, A.V.; OLDONI, A. **Caracterização da produção agroecológica do sul do Rio Grande do Sul e sua relação com a mecanização agrícola. Artigo Técnico.** Jaboticabal, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000100016. Acesso em: 01, novembro, 2014.

TOLMASQUIM, M.T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 26, n.74, p. 249-260, 2012.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service. **Oilseeds.** Washington: World Markets and Trade, 2013. 34p.

VALE, W.G. **Desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante as operações de roçagem, aração e semeadura,** 2011. 217 f. Tese (Doutorado Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campo dos Goytacazes.

YANAI, K.; SILVEIRA, G.M.; LANÇAS, K.P.; CORRÊA, I.M.; MAZIERO, J.V.G. Desempenho operacional de trator com e sem o acionamento da tração dianteira auxiliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n.8, p. 1427-1434, 1999.

8 APÉNDICE

APENDICE A

DIVISÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS RELATÓRIO DE ENSAIO – DB - 126/06

Os resultados são restritos ao material entregue no TECPAR. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.

Identificação do Material: ÓLEO DE GIRASSOL, procedência: Colônia Witmarsum, período de ensaio: 18 a 29/09/06.

Ensaio	Métodos	Resultados	Especificação E DIN 51 605	Unidade
Massa Específica a 20°C	NBR 7.148	920	-----	kg/m ³
Viscosidade Cinemática a 40°C	NBR 10.441	31,43	36,0 (máx.)	mm ² /s (cSt)
Índice de lodo	EN 14.111	127,3	95 - 125	gl ₂ /100g
Índice de Acidez	NBR 14.448	3,68	2,0 (máx.)	mgKOH/g
Estabilidade a Oxidação 110°C	EN 14.112	4,9	6,0 (mín.)	h
Teor de Água – Karl Fischer	NBR 11.348	595	750 (máx.)	mg/kg
Teor de Enxofre	NBR 14533	122	10 (máx.)	mg/kg
Poder Calorífico Superior	PMB 454	40.330	36.000 (mín.)	J/g

Atenção: os resultados expressam a média de duas determinações por ensaio.

WELLINGTON W. D. VECHIATTO
Técnico Responsável
Químico Industrial - CRQ.09201154