

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**BIODIESEL DE BURITI EM TRATOR: DESEMPENHO EM
FUNÇÃO DO TIPO DE DIESEL E DA PROPORÇÃO DE
MISTURA NA OPERAÇÃO DE PREPARO DO SOLO**

Priscila Sawasaki Iamaguti

Engenheira Agrônoma

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**BIODIESEL DE BURITI EM TRATOR: DESEMPENHO EM
FUNÇÃO DO TIPO DE DIESEL E DA PROPORÇÃO DE
MISTURA NA OPERAÇÃO DE PREPARO DO SOLO**

Priscila Sawasaki Iamaguti

Orientador: Prof. Dr. Afonso Lopes

Coorientador: Prof. Dr. Leomar de Paulo Lima

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

2014

I11b lamaguti, Priscila Sawasaki
Biodiesel de buriti em trator: desempenho em função do tipo de diesel e da proporção de mistura na operação de preparo do solo / Priscila Sawasaki lamaguti. -- Jaboticabal, 2014
vi, 61 p.: il.; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientador: Afonso Lopes
Coorientador: Leomar de Paulo Lima
Banca examinadora: Gilberto Hirotsugu Azevedo Koike, José Marques Júnior
Bibliografia

1. Consumo específico. 2. Ensaio de tratores. 3. Opacidade da fumaça. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.372

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

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Priscila Sawasakilamaguti – Filha de João Carlos Cazuo lamaguti (*in memorian*) e Sueli Futaba Sawasaki lamaguti nasceu em Ribeirão Preto, São Paulo, em 08 de fevereiro de 1988. Coursou o primeiro e o segundo grau em Ituverava – SP, no Colégio Objetivo onde residiu na sua infância e juventude. Em 2006, iniciou o curso de Engenharia Agrônômica na Faculdade Dr. Francisco Maeda – FAFRAM, na mesma cidade, concluindo-o em julho de 2010. Durante a vida acadêmica fez parte do Diretório Acadêmico e participou de organização de Semanas Agrônômicas. Em março de 2011 iniciou a Pós Graduação *Latu Sensus* em Proteção de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em março de 2012. Atuou como *trainee* em “Customer Service” durante 2 anos em uma multinacional de produtos químicos. Em agosto de 2012, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Ciência do Solo, na Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, com ênfase na área de Máquinas e Mecanização Agrícola. Em fevereiro de 2014, submete-se à banca examinadora para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

*“Aquele que não compartilha seu conhecimento, deixa
morrer consigo os frutos de sua sabedoria.”*

HÉLCIO MACEDO

A Deus por estar ao meu lado e ter me protegido até aqui.

AGRADEÇO

Ao meu pai João Carlos Cazuo Iamaguti, pois durante toda vida acreditou em meu potencial e permitiu-me continuar a vida acadêmica.

HOMENAGEIO

A minha mãe Sueli Futaba Sawasaki Iamaguti pelo amor, apoio e ser extremamente companheira em todas as minhas decisões para que eu chegasse até aqui.

A minha irmã Carolina Sawasaki Iamaguti, pela convivência e carinho durante todos esses anos.

A Ricardo Vilela Gonçalves, pelo amor e compreensão.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A UNESP, Câmpus de Jaboticabal em especial ao Departamento de Engenharia Rural pela oportunidade de ensaio e aprendizado.

Aos amigos orientador e coorientador Prof. Dr. Afonso Lopes e Prof. Dr. Leomar de Paulo Lima, por acreditar em meu potencial, pela orientação e apoio dispensado.

Aos amigos doutorando Murilo Coelho Theodoro Neves e Melina Cais Jejcic de Oliveira pela orientação, dedicação, confiança e respeito.

Ao amigo Prof. Dr. Kenji Cláudio Augusto Senô, pela amizade e eterna orientação.

A CAPES, ao CNPQ, a Valtra do Brasil e a Coopercitrus pelo apoio financeiro, material e logístico ao Projeto Biodiesel, o que fez a diferença para que este trabalho se concretizasse.

Aos Profs. Drs. José Marques Júnior, Rouverson Pereira da Silva e Carlos Eduardo Angeli Furlani pelas contribuições e auxílios.

A todos os colegas do LAMMA, em especial: Ariel Campagnon, Cristiano Zerbato, Marcelo Cassia, Murilo Voltareli, Thaisa Moreti, Thyago Lira e Vicente Filho Alves da Silva pela convivência e ajuda diária.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, Sr. Davi Aparecido Trevizolli, ao Técnico Agrícola Aparecido Alves (Cido), aos operadores de Máquinas Valdecir Aparício (Maranhão) e Sebastião Francisco da Silva Filho (Tiãozim), pela participação efetiva durante a fase de coleta de dados, muitas vezes trabalhando fora do horário do expediente, sempre com empenho e dedicação.

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

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	iv
ABSTRAT	v
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
I INTRODUÇÃO	1
II REVISÃO DE LITERATURA	3
1 Combustível diesel	3
2 Biodiesel no Brasil.....	6
3 Cultura do buriti (Mauritia flexuosa).....	10
4 Biodiesel de buriti	14
5 Ensaio do desempenho de tratores.....	16
5.1 Instrumentação.....	16
5.2 Desempenho do trator agrícola.....	18
5.2.1 Medida da força de tração.....	18
5.2.2 Medida da rotação das rodas motrizes	19
5.2.3 Medida de velocidade	20
5.2.4 Medida de consumo de combustível	21
6 Emissões de material particulado.....	23
III MATERIAL E MÉTODOS	27
1 Área Experimental	27
2 Solo	27
3 Biodiesel	28
4 Diesel	28
5 Tratores	28
6 Instrumentação do trator de teste para o ensaio de desempenho	29
6.1 Velocidade de deslocamento	29
6.2 Força na barra de tração	29
6.3 Consumo de combustível	30
6.4 Sistema de aquisição de dados	30
7 Instrumentação do trator de teste para o ensaio de opacidade da fumaça	31

7.1 Opacímetro.....	31
8 Condução do trabalho	33
9 Delineamento experimental	33
10 Tratamentos	34
11 Ensaio I – Desempenho do trator	35
11.1 Escarificador.....	35
11.2 Uso dos tratores	35
11.3 Patinagem dos rodados	37
11.4 Velocidade de deslocamento	38
11.5 Força média na tração	38
11.6 Potência na barra de tração	38
11.7 Consumo de combustível	39
11.7.1 Consumo horário volumétrico	39
11.7.2 Consumo horário ponderal	39
11.7.3 Consumo específico	40
11.8 Densidade do combustível	40
12 Ensaio II – Opacidade da fumaça do motor do trator	41
13 Análise estatística	42
13.1 Análise de variância e teste de médias	42
13.2 Análise de Regressão	42
IV RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
Ensaio I – Desempenho do trator	43
1 Potência na barra de tração	43
2 Velocidade de deslocamento	44
3 Consumo de combustível.....	44
3.1 Consumo horário volumétrico	44
3.2 Consumo horário ponderal.....	46
3.3 Consumo específico.....	46
Ensaio II – Opacidade da fumaça.....	48
V CONCLUSÃO	51
VI REFERÊNCIAS	52

BIODIESEL DE BURITI EM TRATOR: DESEMPENHO EM FUNÇÃO DO TIPO DE DIESEL E DA PROPORÇÃO DE MISTURA NA OPERAÇÃO DE PREPARO DO SOLO

RESUMO – O biodiesel pode ser obtido a partir de óleos vegetais, gorduras animais ou óleos residuais por meio de reação com etanol ou metanol, destaca-se entre as fontes renováveis no suprimento de combustível, além de minimizar problemas ambientais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho operacional e opacidade da fumaça de um trator agrícola, utilizando como combustível o biodiesel etílico de buriti, diesel B S50 e diesel B S1800. O experimento foi conduzido no Departamento de Engenharia Rural, da UNESP/Jaboticabal-SP. Cada tipo de diesel foi misturado ao biodiesel nas proporções B0, B5, B15, B25, B50, B75 e B100 (em que o número indica o percentual de biodiesel no diesel). Avaliou-se consumo de combustível, força de tração na barra, velocidade real de deslocamento, potência na barra de tração e opacidade da fumaça. Os resultados evidenciaram aumento de 5,41% no consumo específico, quando comparado B100 com B0. Com relação à opacidade da fumaça, houve redução de 33,33% e 28,90%, respectivamente, com o incremento de biodiesel no diesel B S50 e diesel B S1800.

PALAVRAS CHAVES: consumo específico, ensaio de tratores, opacidade da fumaça

BIODIESEL IN TRACTOR BURITI: PERFORMANCE AS A FUNCTION OF TYPE OF DIESEL AND PROPORTION OF MIXTURE IN THE OPERATION OF SOIL TILAGE

ABSTRACT - The biodiesel obtained from vegetable oils , animal fats or waste oils by reaction with ethanol or methanol, stands out among the renewable fuel supply while minimizing environmental problems . The aim of this study was to evaluate operating performance and smoke opacity of an agricultural tractor , using biodiesel as fuel ethanol buriti , interior diesel and diesel underground . The experiment was conducted in the Department of Agricultural Engineering , UNESP/Jaboticabal . The type B was S1800 diesel engine and S50, the proportions B0, B5, B15, B25, B50, B75 and B100 (where the number indicates the percentage of biodiesel in the diesel). Evaluated fuel consumption , power drawbar pull , speed actual displacement , power drawbar pull and smoke opacity. The results showed an increase of 5.41 % in specific fuel consumption compared with B100 B0 , however the type of diesel in the tractor performance variables. With respect to the opacity of the smoke , there was a reduction of 33.33 % and 28.90 % , respectively, with the increase of biodiesel in diesel indoor and underground.

Keywords: específico consumption, test tractors, smoke opacity

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Evolução da capacidade instalada de produção de biodiesel nas regiões do Brasil.	8
2. Evolução da produção de biodiesel nas regiões do Brasil.	8
3. Evolução de matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel no Brasil	9
4. Composição da polpa do fruto de buriti	13
5. Composição, em ácidos graxos, do óleo de buriti.	15
6. Propriedades físico-químicas do óleo de buriti.	16
7. Relação e designação dos tratamentos do ensaio I e II.	34
8. Síntese da análise de variância e teste de médias para as variáveis, força média na barra, potência média na barra e velocidade de deslocamento.	43
9. Síntese da análise de variância e teste de médias para as variáveis: consumo horário volumétrico de combustível, consumo ponderal de combustível e consumo específico de combustível.	45
10. Síntese da análise de variância e teste de médias para a variável opacidade da fumaça.	48
11. Síntese do desdobramento da interação tipo de diesel e proporção de biodiesel etílico de buriti para a variável opacidade da fumaça (m^{-1}).	49

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Repartição da oferta interna de energia.	5
2. Consumo para fins de transporte.	5
3. Palmeira de buriti	10
4. Detalhes da palmeira de buriti.....	11
5. Sistema de aquisição de dados.....	17
6. Célula de carga acoplada à barra de tração.....	19
7. Sensores de patinagem dos rodados.....	20
8. Radar instalado na lateral direita do trator para a determinação da velocidade real de deslocamento.....	21
9. Sistema de engrenagens do fluxômetro	22
10. Protótipo usado para medição de combustível.....	23
11. Vista lateral do trator de teste com instrumentação completa	31
12. Instrumentação utilizada no ensaio de opacidade da fumaça.	32
13. Vista do trator instrumentado para o ensaio de opacidade da fumaça.....	33
14. Esquema das parcelas.....	34
15. Dinâmica do ensaio de desempenho.	36
16. Ajuste de modelo de regressão que explica o consumo específico em função da proporção de biodiesel etílico de buriti.....	47
17 Ajuste de modelo de regressão para a opacidade da fumaça em função do tipo de diesel (B S1800 e B S50) e das proporções de mistura de biodiesel etílico de buriti com diesel.	50

I INTRODUÇÃO

O petróleo é um combustível fóssil, e seu uso constante leva-nos à conclusão de sua previsível escassez. Este pensamento, aliado à consciência ecológica, tem incentivado pesquisadores a procurar novas fontes de energia renovável, com processos de combustão além de menos poluentes, mais eficientes.

A preocupação em diminuir a dependência do petróleo importado do Oriente Médio começou em meados da década de 70. A partir desse momento, o governo brasileiro iniciou o desenvolvendo de pesquisas com biocombustíveis. Visando a motores agrícolas, os estudos estão intensificados, e alguns estudos demonstraram que, apesar da viabilidade técnica, não é necessária alteração para utilizar o biodiesel; no entanto há um aumento no consumo de combustível, provavelmente pelo menor poder calorífico se comparado ao diesel.

O biodiesel é combustível de fonte renovável, obtido a partir de variadas matérias-primas, podendo ter: origem vegetal (óleo de algodão, amendoim, babaçu, canola, dendê, girassol, mamona, soja); origem animal (sebo bovino, óleo de peixe, banha de porco) ou ser obtido a partir de óleos residuais (cozinhas domésticas e industriais). É utilizado em motores de ignição por compressão de ciclo diesel, desde que atenda às normas da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível), podendo ser empregado em várias proporções de mistura com o diesel de petróleo ou, ainda, ser utilizado sem que haja adição de óleo diesel (B100).

No sistema rodoviário do Brasil, são disponibilizados quatro tipos de óleo diesel (Resolução ANP nº. 65, de 9 de dezembro de 2011): B S10 combustível com, no máximo, 10 mg kg^{-1} de enxofre; B S50 contendo o máximo de 50 mg kg^{-1} de enxofre, e o B S500 que possui teor máximo de 500 mg kg^{-1} de enxofre. Suas colorações podem ser desde incolor até o amarelado e variam a tonalidade do marrom até o alaranjado devido à coloração do biodiesel, e óleo diesel B S1800 com teor máximo de 1800 mg kg^{-1} de enxofre, possui coloração avermelhada devido à adição de corante. A redução do teor de enxofre no combustível foi uma tentativa de reduzir a quantidade de gases poluentes emitidos na atmosfera em locais onde existe grande concentração de veículos com ciclo diesel.

O Brasil é um país de dimensões continentais com aproximadamente 851 milhões de ha, sendo aproximadamente 60 milhões de hectares de lavouras permanentes e temporárias. É possível, então, pensar em utilizar-se de fontes renováveis para produção de biodiesel, e para tal há várias opções de matérias-primas, tais como: soja, amendoim, girassol, mamona, murumuru, babaçu e outros. O óleo extraído da palmeira buriti (*Mauritia flexuosa* L.) é encontrado em grande quantidade na região amazônica, nordeste e centro-oeste do Brasil, apresentando composição semelhante ao óleo de soja com grande potencial para obtenção de biocombustível por meio de craqueamento termo-catalítico. Além do pensamento ambiental, há ainda interesse em medir o consumo de combustível, para posteriormente calcular o custo. O consumo horário volumétrico é importante para o produtor rural, já a distribuidora de combustíveis considera o consumo horário ponderal, e o consumo específico atende principalmente à classe científica e aos fabricantes de motores e tratores.

Diante deste contexto, vários estudos vêm sendo desenvolvidos a fim de aperfeiçoar a produção e o uso do biodiesel. O presente trabalho teve como objetivo comparar o diesel B S1800 e o B S50 com proporções de mistura de biodiesel etílico de buriti. Para tanto, avaliaram-se o desempenho do trator agrícola em operação de preparo do solo: Latosolo Vermelho eutroférico típico e a opacidade da fumaça do motor.

II REVISÃO DE LITERATURA

1 Combustível diesel

O óleo diesel é um combustível de composição complexa, constituído de hidrocarbonetos parafínicos, olefínicos, aromáticos e, em menor quantidade, por substâncias cuja fórmula química contém átomos de enxofre, nitrogênio, metais, oxigênio, etc. Estes hidrocarbonetos são formados por moléculas constituídas de 8 a 40 átomos de carbono, normalmente sendo mais pesados do que aqueles que compõem a gasolina. Os elementos presentes na composição são: carbono (86,3%), hidrogênio (12,8%) e enxofre (0,9%) (SOUZA, 2005). Desde 1º de janeiro de 2010, o óleo diesel dispõe, em sua composição, de 5% de biodiesel (PETROBRÁS, 2013).

O óleo diesel é moderadamente volátil, inflamável, límpido, medianamente tóxico, isento de material em suspensão, com odor característico, sendo composto basicamente por hidrocarbonetos cuja faixa de destilação se situa de 150 °C até 400 °C. Esses hidrocarbonetos são n-parafina, parafinas ramificadas, cicloalcanos contendo de um a três anéis, além de aromático mono e polinucleados (SOUZA, 2008; LAURO, 2006). A importância teve início quando o engenheiro alemão, especialista em ciclos térmicos, Rudolf Christian Karl Diesel, teve a ideia de aperfeiçoar o motor de combustão interna a gasolina e desenvolveu um protótipo no qual a mistura de arcombustível era comprimida a uma determinada pressão em um motor monocilíndrico alimentado com óleo de amendoim, sendo a mistura, então, aquecida e provocando a autoignição. Após a morte de Rudolf Diesel, a indústria do petróleo desenvolveu um tipo de óleo que denominou de “óleo Diesel”, em sua homenagem (SOUZA, 2008).

É essencialmente importante para o bom funcionamento do motor diesel que o combustível atenda aos seguintes requisitos de qualidade (QUELHAS et al., 2011):

- Ter boa qualidade de ignição;
- Vaporizar-se adequadamente no interior da câmara de combustão;
- Queimar de forma limpa e completa;
- Proporcionar boa partida a frio do motor;

- Ser estável à oxidação;
- Não ser corrosivo, permitindo maior tempo de vida às peças do motor;
- Ter ausência de água e/ou materiais em suspensão.

O diesel deve atender a especificações para comercialização no País, sendo a ANP o órgão regulador responsável. Estas especificações são atualizadas de acordo com a necessidade de abastecimento, atualização de normas, atendimento a requisitos ambientais, entre outros.

De acordo com a Resolução nº 65, de 9 de dezembro de 2011 (ANP, 2013a), os óleos diesel de uso rodoviário classificam-se em:

- **Óleo diesel A** - combustível produzido por processo de refino de petróleo, centrais de matérias-primas petroquímicas ou autorizadas nos termos do § 1º do art. 1º desta Resolução, destinado a veículos dotados de motores do ciclo diesel, de uso rodoviário, sem adição de biodiesel;
- **Óleo diesel B** - óleo diesel A adicionado de biodiesel no teor estabelecido pela legislação vigente;

Desde 1º de janeiro de 2012, os óleos diesel A e B apresentam as seguintes nomenclaturas, conforme o teor máximo de enxofre:

- **Óleo diesel A S-10 e B S-10** - combustível com teor de enxofre, máximo, de 10 mg/kg;
- **Óleo diesel A S-50 e B S-50** - combustível com teor de enxofre, máximo, de 50 mg/kg;
- **Óleo diesel A S-500 e B S-500** - combustível com teor de enxofre, máximo, de 500 mg/kg, e
- **Óleo diesel A S-1800 e B S-1800** - combustível com teor de enxofre, máximo, de 1800 mg/kg.

O Brasil é fortemente dependente dos derivados de petróleo, em especial do diesel, visto que nosso transporte de cargas apoia-se fortemente no setor rodoviário, que utiliza este combustível (VICHI et al., 2009). Além do mais, em razão da eficiência e da flexibilidade do diesel, há tendência crescente de utilização dos motores ciclo diesel na indústria automotiva a nível mundial, que resulta em aumento da demanda em relação a outros derivados (ALVES, 2007). De acordo com dados preliminares da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2011) vinculada ao

Ministério de Minas e Energia (MME) (BRASIL, 2013a), o Balanço Energético Nacional (BEN) 2013, ano base 2012, indica que, para a repartição da oferta interna de energia, o petróleo e seus derivados lideram a lista, sendo o óleo diesel o principal produto consumido para fins de transporte. A estrutura da repartição da oferta interna e o consumo para fins de transporte no Brasil são mostrados na Figura 1 e Figura 2, respectivamente.

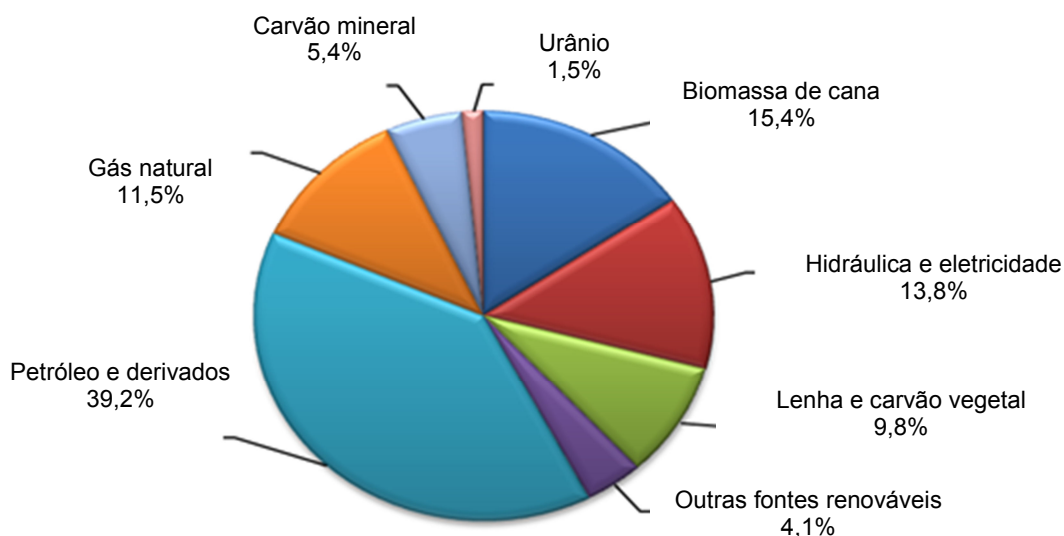


Figura 1. Repartição da oferta interna de energia (BRASIL, 2013a).

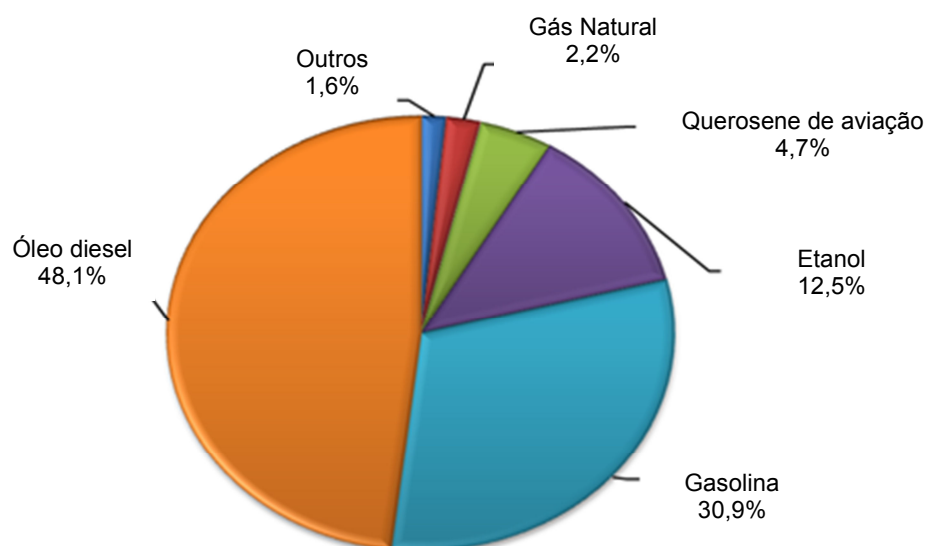


Figura 2. Consumo para fins de transporte (BRASIL, 2013a).

A adição de biodiesel ao diesel tem sido uma das medidas tomadas, uma vez que esse biocombustível não apresenta enxofre em sua composição, reduzindo as emissões de gases tóxicos e de materiais particulados na atmosfera.

2 Biodiesel no Brasil

Historicamente, o uso de óleos vegetais como combustível teve início com o desenvolvimento dos motores diesel no final do século XIX, por Rudolph Diesel (PINTO et al., 2005). Todavia, no início do século XX, o diesel passou a ser o combustível utilizado para esse tipo de motor devido ao baixo custo e por razões técnicas.

A possibilidade do uso de combustíveis derivados de fontes renováveis, como os óleos vegetais, tem sido considerada desde o início do uso de motores do ciclo diesel. Na década de 20, o Instituto Nacional de Tecnologia (INT) já estudava e testava combustíveis alternativos e renováveis (BARRETO, 1982).

Durante as duas crises do petróleo ocorridas nas décadas de 30 e 70, foi retomada a ideia do uso de óleos vegetais como combustível; entretanto, a mesma não obteve sucesso (SUAREZ et al., 2007). Além disso, houve grande preocupação em atender à crescente demanda energética mundial, o que, consequentemente, levou ao crescimento da consciência ambiental devido às mudanças climáticas associadas à liberação de gases resultantes da queima de combustíveis fósseis. Todos estes fatores impulsionaram a busca por combustíveis de fontes renováveis, os quais voltaram a ser fortemente discutidos e pesquisados (LÔBO et al., 2009).

O reconhecimento do potencial dos biocombustíveis como fontes menos agressivas ao ambiente surgiu, possivelmente, após as sucessivas crises das reservas mundiais de petróleo. Outro fator que tem contribuído com esse cenário é o fato da rápida difusão dos conhecimentos alcançados pela pesquisa com biocombustíveis, que favorece continuamente a minimização dos custos de produção e a utilização (LIMA et al., 2013). Tanto que Bilich e Silva, (2006) afirmam, já em 2006, que novos combustíveis de fontes renováveis estavam sendo alvos de

pesquisas destinadas a torná-los economicamente viáveis, desta vez substituindo diesel fóssil pelo biodiesel.

O Brasil iniciou o marco relevante dos estudos em biodiesel na década de 80, com o professor Expedito Parente, na Universidade Federal do Ceará (HOLANDA, 2004). A partir daí, comprova-se o grande potencial para desenvolver essa tecnologia pela ampla diversidade do ecossistema brasileiro, o que influencia nas diversas fontes de oleaginosas para a produção de biodiesel. Essa é uma vantagem comparativa que o País possui em relação a todos os outros produtores de oleaginosas, fato que não ocorre na Alemanha, por exemplo, sendo um dos principais produtores de biodiesel (LADETEL, 2005; PADULA et al., 2006).

Diante destas constatações, o governo federal começou a investir nas pesquisas para a substituição do óleo diesel por óleos vegetais. Diversos projetos e pesquisas foram apresentados, impulsionados quando o Conselho Nacional de Energia instituiu o Programa Nacional de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos, de 1980 (BARRETO, 1982).

Em 2004, surgiu no Brasil o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) que contempla a substituição parcial do óleo diesel, estimulando o uso decrescente do petróleo, a fixação do homem no campo, pela distribuição de oportunidades no agronegócio, e reduzindo os níveis de poluentes nas emissões dos motores diesel (KNOTHE et al., 2006).

O marco legal do uso do biodiesel no Brasil foi respaldado pelo lançamento do PNPB em 2005, que culminou na criação da Lei 11.097/2005, a qual introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira, estabelecendo, ainda, o percentual obrigatório de 2 % de biodiesel na mistura com o diesel. Esse patamar foi atingido antes do prazo máximo estabelecido pela lei, com obrigatoriedade de aumento para 3 % a partir de 1º de julho de 2008, 4 % a partir de 1º de julho de 2009 e 5 % a partir de 1º de janeiro de 2010 (ANP, 2013b).

De acordo com a Resolução n.7, de 2008 da ANP, o biodiesel é definido como combustível para uso em motores de combustão interna com ignição por compressão, renovável e biodegradável, composto de alquil ésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais (BRASIL, 2008).

Na busca por alternativas para modificar as propriedades mais problemáticas dos óleos vegetais, grande número de estudos foi conduzido a fim de desenvolver processos para a transformação destes óleos em combustíveis, como a transesterificação, esterificação e o craqueamento catalítico. Com isto, foi obtido um derivado, o biodiesel, com propriedades físico-químicas, tais como a viscosidade e a densidade, mais próximas às dos combustíveis usados nos motores de ciclo diesel (LOPES, 2006; SUAREZ et al., 2007). Além dos óleos vegetais, o biodiesel também pode ser obtido a partir de qualquer fonte de ácidos graxos e, neste sentido, podem ser citados a gordura animal e os óleos residuais, como os utilizados em frituras e matérias graxas de esgoto.

A evolução da capacidade instalada das usinas de biodiesel aumentou 121%, e a produção, 133% (Tabelas 1 e 2), entre 2008 e 2012, conforme o Anuário Estatístico de 2013, do Setor de Petróleo e Gás Natural da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2013a).

Tabela 1. Evolução da capacidade instalada de produção de biodiesel nas regiões do Brasil.

Grandes Regiões da Federação	Capacidade instalada (m ³ /ano)				
	2008	2009	2010	2011	2012
Brasil	3.351.300	4.655.900	5.864.900	6.770.900	7.404.400
Sul	606.500	931.400	1.558.900	1.859.900	2.133.500
Sudeste	693.300	887.000	1.041.100	1.159.700	895.800
Norte	169.200	203.000	210.600	223.200	223.200
Nordeste	619.000	824.700	740.900	740.900	740.900
Centro-Oeste	1.263.300	1.809.800	2.313.400	2.787.200	3.411.000

Fonte: ANP, 2013a

TABELA 2. Evolução da produção de biodiesel nas regiões do Brasil.

Grandes Regiões da Federação	Produção de biodiesel (B100) - (m ³)				
	2008	2009	2010	2011	2012
Brasil	1.167.128	1.608.448	2.386.399	2.672.760	2.717.483
Sul	313.350	477.871	675.668	976.928	926.611
Sudeste	185.594	284.774	420.328	379.410	255.733
Norte	15.987	41.821	95.106	103.446	78.654
Nordeste	125.910	163.905	176.994	176.417	293.573
Centro-Oeste	526.287	640.077	1.018.303	1.036.559	1.162.913

Fonte: ANP, 2013a

Conforme a espécie oleaginosa, variações na composição química do óleo vegetal são encontradas e estão relacionadas às proporções dos diferentes ácidos graxos presentes na estrutura do triglicerídeo, à sua natureza e à presença da quantidade de componentes menores, como ácidos graxos livres, fosfolipídeos, esteróis e água (MARQUES et al., 2008). Alguns exemplos de ácidos graxos predominantes nos óleos vegetais são os ácidos palmíticos e o oleico.

Entre várias oleaginosas de que se tem conhecimento na literatura, as que apresentam alto teor de óleo na semente são mais favoráveis para produção de biodiesel destacam-se soja, dendê, coco, girassol e mamona como as principais opções (PAULILLO, et al., 2007).

Já em relação à seleção de óleos vegetais com potencial para a produção de biodiesel, existem os semissecativos, que necessitam ser mais bem investigados quanto à instabilidade à oxidação, que determina o uso de aditivos antioxidantes, e não secativos (COIMBRA, 2007), que necessitam de redução da temperatura de ponto de névoa e fluidez, de modo a possibilitar a obtenção do biodiesel com baixo ponto de entupimento (PARK et al., 2008). A Tabela 3 mostra a evolução da participação das matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel.

Tabela 3. Evolução de matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel no Brasil.

Matérias-primas	Matérias-primas (B100)-(m ³)				
	2008	2009	2010	2011	2012
Total	1.177.638	1.614.834	2.387.639	2.672.771	2.719.897
Óleo de soja	967.326	1.250.590	1.980.346	2.171.113	2.105.334
Óleo de algodão	24.109	70.616	57.054	98.230	116.736
Gordura animal ¹	154.548	255.766	302.459	358.686	458.022
Outros materiais ² graxos	31.655	37.863	47.781	44.742	39.805

¹Inclui gordura bovina, gordura de frango e gordura de porco. ² Inclui óleo de palma, óleo de nabo-forrageiro, óleo de girassol, óleo de mamona, óleo de sésamo, óleo de fritura usado e outros materiais graxos.

Fonte: ANP, 2013a.

3 Cultura do buriti (*Mauritia flexuosa* L.)

Mauritia flexuosa L. ou buritizeiro pertence à família Arecaceae e é popularmente conhecido como miriti, miritizeiro, palmeira-do-brejo, buritido-brejo, carandá-guaçú, moriti, moriche (EMBRAPA, 2010).

O buritizeiro abrange toda a região amazônica e estende-se pelo nordeste e centro-sul do Brasil. Habita terrenos baixos alagáveis (igapós), às margens de rios e igarapés, formando os característicos buritizais, onde é possível encontrar cerca de 60 a 70 buritizeiros femininos e 75 a 85 buritizeiros masculinos por hectare (CYMERYS et al., 2005, EMBRAPA, 2010).

Cymerys et al., (2005) afirmam que o buriti é considerado uma das maiores palmeiras da Amazônia com, no máximo, 50 centímetros de diâmetro e 20 a 35 metros de altura. Sustenta no ápice um capitel de 20 a 25 folhas com inflorescência interfoliar, volumosa, com 2 m de comprimento, pedúnculo de formato oval com comprimento médio de 42 mm e diâmetro de 73,5 mm, conforme mostra a Figura 3.



Figura 3. Palmeira de buriti
Fonte: Adaptado de Cymerys et al., 2005

As folhas do buriti são persistentes, com algumas mortas, penduradas no topo, possuindo aproximadamente 200 segmentos foliares tesos ou pendulosos, restritas a uma coroa terminal, disposta em leque, com 3 a 5 metros de comprimento e 2 a 3 metros de largura, costa-palmados. A inserção das folhas na palmeira ocorre na forma espiral, com lâmina reduplicada e segmentada até quase a porção basal. O aspecto brilhante da folha deve-se à presença de cera na cutícula por toda a extensão do limbo (PASSOS; MENDONÇA, 2006).

É uma planta dioica, isto é, apresenta indivíduos masculinos (Figura 3) e femininos que, apesar de florescerem nos mesmos meses, possui numerosos ramos providos de bractéolas tubulares, de onde partem pequenos eixos de 1 a 6 cm, sustentando as flores (CYMERYS et al., 2005). Os frutos são elipsoide-oblongos com epicarpo (casca) coberto por escamas romboides, córneas, de cor castanho-avermelhada e lustrosa, mesocarpo (polpa) carnoso comestível e representado por camada espessa de massa amarelada ou alaranjada, endocarpo (tegumento) fino, de coloração marrom-avermelhada na maturidade e com semente muito dura, e endosperma homogêneo, conforme Figura 4 (MIRANDA; RABELO, 2008). Albuquerque e Regiani (2003) acrescentaram, ainda, que o peso de cada fruto é de aproximadamente 32,6 g, sendo 50% de polpa, 45,2% de caroço e 7,8% de casca.

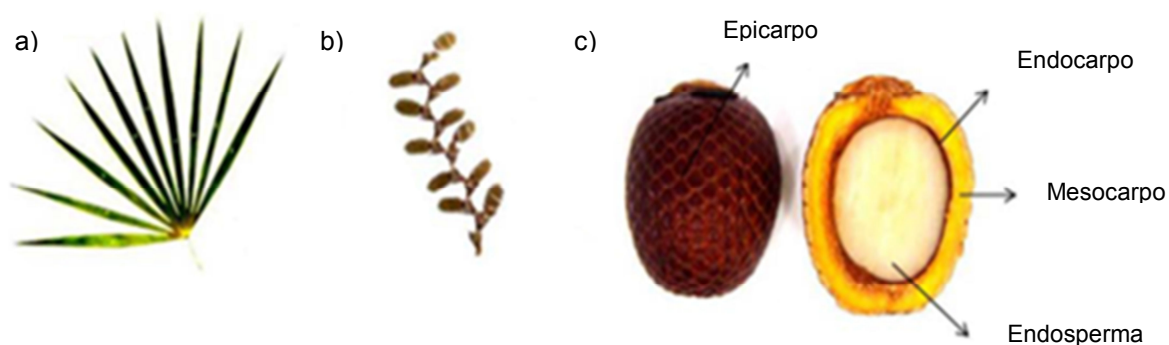


Figura 4. Detalhes da palmeira de buriti
Fonte: Adaptado de Carvalho, 2011.

As fêmeas produzem flores a cada dois anos, e a produção de frutos, a nível populacional, é anual, sendo que os frutos se desprendem do ráquis do 9º ao 12º

mês (PACHECO-SANTOS, 2005). O período de formação da inflorescência feminina, até sua produção de flores, é de dois meses, com floração anual e aproximadamente 3.600 flores. Para as flores masculinas, o período dura aproximadamente dois meses, com produção de 450.000 flores por inflorescência. As duas flores produzem pólen, medem aproximadamente 0,039 mm e possuem formato circular, não produzem o néctar, e a abertura das mesmas ocorre das 16 às 17 horas. Podem ser polinizadas por insetos da ordem coleóptera; no entanto, as abelhas são consideradas “ladrões de pólen” pois visitam somente a inflorescência masculina (GOULDING; SMITH, 2007).

A floração do buritizeiro varia de região para região. Em Belém, por exemplo, floresce de setembro a dezembro e frutifica de janeiro a julho e, às vezes, a partir de novembro ou dezembro. Já no Acre, florescem entre abril e outubro. A maturação varia de 7 a 11 meses e ocorre de forma bem heterogênea em um mesmo buritizal (CYMERYS et al., 2005).

O buritizeiro produz de 40 a 360 quilos de fruto por palmeira. A produção anual, quando bem manejados, é de aproximadamente 2,5 a 23 toneladas de frutos. Estudos no Estado do Acre estimaram que 1 palmeira produz de 1 a 9 cachos e de 600 a 1.200 frutos por cacho (DE PAULA-FERNANDES, 2001). Cymerys et al. (2005), concluíram que, com a média de 64 palmeiras femininas por hectare e com produção média de 200 quilos de frutos, obtêm-se 384 quilos de óleo da polpa por hectare. Levando em consideração que a produção diminui em 40 a 60 anos, conclui-se que é cultura com vida longa.

O fruto do buriti é rico em vitamina A, B, C, E, proteínas e minerais, como cálcio e ferro (BARBOSA et al., 2010). O caroteno ou a vitamina A são encontrados em grande quantidade no buriti, tanto que é considerado um dos maiores concentradores dessas vitaminas entre todas as plantas do mundo (SANTOS, 2005). Chega a ter de 7 a 20 vezes mais que a cenoura, com 30 miligramas por 100 gramas de polpa. A polpa é comparada ao milho quando se refere a proteínas com 11% (CYMERYS et al., 2005).

A composição da polpa do fruto de buriti é descrita na Tabela 4, em termos percentuais, comparando várias referências (g/100 g de polpa). É possível verificar

altíssimo teor de vitamina A derivada das concentrações presentes de β -caroteno, significativo de vitamina C (ácido ascórbico) e de cálcio (RIBEIRO, 2008).

Tabela 4. Composição da polpa do fruto de buriti

Autores	Composição (%)				
	Água	Proteínas	Lipídios	Carboidratos	Cinzas
MARIATH et al. (2005)	64,20	1,80	8,10	25,20	0,70
SANTOS (2005)	49,77	2,82	19,80	26,76	0,85
MANHÃES (2007)	62,93	2,10	13,85	20,18	0,94
TAVARES et al. (2009)	67,20	1,50	3,80	26,10	1,40

Fonte: Adaptado de Ribeiro, 2008.

Da palmeira de buriti, tudo se aproveita. Tradicionalmente, o fruto é consumido ao natural, porém tem os mais variados aproveitamentos, conforme Figura 4. Pode ser transformado em doces, sucos, picolés, licores, sobremesas de paladares peculiares e na alimentação de animais (BARBOSA et al., 2010). Cymerys et al. (2005) afirmam que a polpa, depois de fermentada, fornece vinho, e fabricam-se doce, chope, sorvete e, ainda, picolé. Da semente é possível fazer botões, artesanato, semi-jóias e jóias com prata ou ouro, ou produção de álcool combustível. Da polpa extrai-se óleo com características organolépticas com sabor e aroma agradáveis e potencial de pró-vitamina A, que possui inúmeras aplicações na indústria de produtos alimentícios (corante natural de margarinas, queijos, massas e empregado em fritura de alimentos) com grande quantidade de β -caroteno (SILVA, 2002). É possível ainda fabricar sabão ou cosméticos com esse óleo, além de ser utilizado como combustível para lamparina. A cor alaranjada permite, também, a utilização como envernizante de couros ou peles e remédio energético recomendado como vermífugo, e, na medicina caseira, o óleo da polpa do buriti pode ser utilizado contra queimaduras, pois além de provocar alívio imediato, proporciona cicatrização rápida (MIRANDA; RABELO, 2008).

As folhas são usadas em cobertura de casas, fornecem fibras para artesanato, confecção de esteiras, redes, cordas, chapéus, cestas, cintos, bolsas,

esteiras, sandálias, capas de agendas ou adubo orgânico, dependendo da região. Do caule, aproveita-se o palmito comestível, a amêndoa; além de espessa e duríssima, é utilizada em vários trabalhos como confecção de botões ou pequenas esculturas. No Acre, por exemplo, os talos da folha do buritizeiro são os mais procurados para fazer pipas; já no Pará, as folhas são muito usadas para tecer tipiti e paneiros. O pecíolo fornece material leve e macio, utilizado no artesanato. Com o estipe é possível fazer a construção de pontes e, por possuir propriedade flutuante, utiliza-se o tronco para transportar madeira nos rios, além de servir para a caça, pois muitas espécies consomem o buriti (CYMERYS, M.; et al, 2005).

A propagação ocorre por sementes, e a dispersão é feita com ajuda da água. Seu poder germinativo não é grande se não for semeado em poucas semanas; entretanto, as sementes recém-colhidas alcançam 100% de germinação e demoram aproximadamente 75 dias para germinar (EMBRAPA, 2010). Por isso é comum encontrar palmeira de buriti ao longo das margens de rodovias na região Amazônica, pois o mecanismo de dispersão por meio, principalmente, da água ocasiona extensas populações de buritizais (MIRANDA; RABELO, 2008).

Para o desenvolvimento do buritizeiro, são necessários adubos orgânicos que podem ser obtidos do próprio buritizal. Inicialmente, a muda usa os nutrientes da própria semente para crescer, portanto suporta sombreamento, porém necessita de sol direto nas folhas para atingir a fase adulta. Ela pode ser plantada em solo alagado, mas não sobreviverá se permanecer sempre dentro da água (DE PAULA-FERNANDES, 2001).

4 Biodiesel de buriti

Como na avaliação os óleos vegetais nativos de regiões brasileiras, normalmente, não são utilizados na alimentação humana, mostra-se então, ainda mais importante quando o assunto é estudo para obtenção de biodiesel (LUZ Jr. et al., 2010).

Pesquisas revelaram que o fruto de buriti pode produzir dois tipos de óleo vegetal que são utilizados em indústrias química e alimentícia. Os óleos oleicos são

extraídos da polpa, e na maioria das vezes encontram-se sob a forma de triglicerídeos, sendo similares aos óleos vegetais obtidos da maioria das culturas anuais (DURÃES et al., 2006). Os óleos láuricos são obtidos a partir das sementes e utilizados na produção de xampu e sabão. A produção de óleo oleico de buriti é bem superior à produção de muitos óleos utilizados no mundo, como soja, girassol e amendoim. Estima-se que 150 plantas femininas por hectare chegam a produzir 3,6 toneladas de óleo por hectare (LLERAS; CORADIN, 1988).

O óleo de buriti, extraído dos frutos, é rico em triglicerídeos de ácido oleico e de ácido palmítico (DURÃES et al., 2006), como apresentado na Tabela 5. Além disso, apresenta em sua composição considerável concentração de carotenoides, os quais conferem coloração amarela ao óleo (ALBUQUERQUE et al., 2003). Em decorrência da presença destes compostos, as propriedades fotoluminescentes e de proteção solar deste óleo vêm sendo estudadas (ZANATTA et al., 2010). No entanto, mesmo com estas novas aplicações, o óleo de buriti é geralmente utilizado como energético, pela população mais carente das regiões amazônica, centro-oeste e nordeste, ou como hidratante, na indústria de cosméticos.

Tabela 5. Composição, em ácidos graxos, do óleo de buriti.

Ácido graxo	Porcentagem, em massa.
Palmítico	16,3
Palmitoleico	0,4
Esteárico	1,3
Oleico	79,2
Linoleico	1,4
Linolênico	1,3

Fonte: Bicalho, 2006.

As propriedades físico-químicas, estudadas por vários pesquisadores (ALBUQUERQUE et al., 2005; ALBUQUERQUE; REGIANEI, 2006; DURÃES et al., 2006; BICALHO, 2006), estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Propriedades físico-químicas do óleo de buriti.

Propriedade	Valor médio
Teor de ácidos graxos livres (como ácido oleico)	0,32 %
Densidade a 25 °C	912,3 kg/m ³
Índice de saponificação	190 mg KOH/g
Índice de iodo	7,24 mg I ₂ /100g
Índice de peroxide	3,95 meq/g
Ponto de solidificação	13 °C
Poder calorífico	9.256 Kcal/g
Massa molecular media	870 g/mol
Viscosidade cinemática a 40 °C	35 cSt

Fonte: Bicalho 2006.

5 Ensaios do desempenho de tratores

5.1 Instrumentação

O bom desempenho das máquinas no campo é fundamental para alcançar os patamares atuais de produção. Com o avanço da informática e da automação na área agrícola, têm-se melhorado as condições de trabalho e do meio ambiente, promovendo, assim, qualidade, produtividade e competitividade. Para isso, o número de dispositivos eletrônicos utilizado em máquinas agrícolas é cada vez maior (RUSSINI, 2009).

Para fornecer informações sobre o desempenho das máquinas para que o operador registre dados e análises, a indústria de máquinas agrícolas começou a incorporar sistemas de monitoramento e controle, pois, assim, é possível automatizar procedimentos de controle das máquinas e aperfeiçoar o uso da máquina para evitar desgaste desnecessário e melhorar o uso de insumos nas operações de campo (Figura 5).

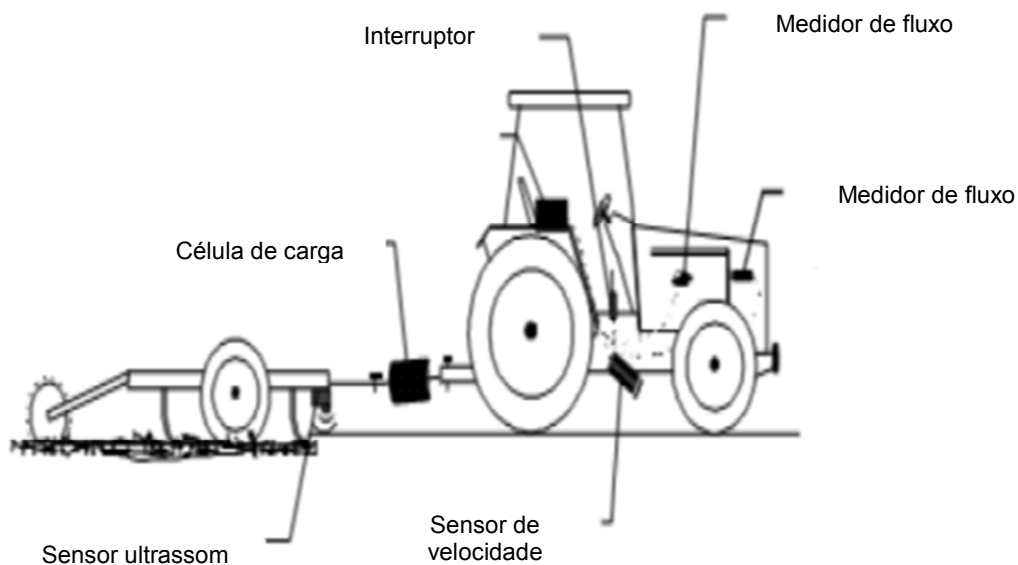


Figura 5. Sistema de aquisição de dados
 Fonte: Adaptado de Mantovani et al., 1999

Um exemplo muito utilizado para aquisição de dados é o computador de bordo em tratores a fim de otimizar o uso da máquina. Estes sensores monitoram variáveis do motor, do câmbio e do patinagem, controlando-as automaticamente (SARAIVA, 2003).

Ruissini (2009) caracteriza o *datalogger* como gravador de dados eletrônicos, capaz de armazenar dados de sensores em determinado intervalo de tempo predefinido, por lógica de programação interna ou, ainda, por comando externo que utiliza circuito eletrônico baseado em microprocessador para controle e memórias de armazenamento não voláteis para armazenamento de dados. Normalmente, é pequeno, alimentado por baterias, e através das portas de comunicação faz-se aquisição dos dados armazenados em computador para que esses dados possam ser analisados e tratados convenientemente. Há vários modelos de *dataloggers*, alguns possuem interface com LCD (*Display* de Cristal Líquido) e teclado para facilitar a programação, a alteração de parâmetros e a visualização dos dados armazenados. Este sistema de aquisição de dados diferencia-se por ser equipamento único, com baixa taxa de amostragem e alta capacidade de armazenamento de dados.

5.2 Desempenho do trator agrícola

5.2.1 Medida da força de tração

Os tratores usam motores a combustão interna para se locomover e tracionar implementos e máquinas agrícolas. As perdas de potência aparecem ao desenvolver tração pelas rodas, no eixo da TDP (tomada direta de potência) e sistema hidráulico. O desempenho do trator agrícola pode ser avaliado pela força e pela potência desenvolvida na barra de tração, pela potência e pelo torque na tomada de potência, pela eficiência de tração, pela patinagem das rodas motrizes e pelo consumo de combustível (SILVA; BENEZ et al., 1997).

A maneira mais comum de utilização da potência desenvolvida pelo motor é por meio da barra de tração devido à versatilidade, porém é a menos eficiente quando comparada à TDP e ao sistema hidráulico (SORANSO, 2006).

Segundo Gabriel Filho et al. (2002), o baixo desempenho na barra de tração ocorre devido a alguns fatores, como tipo de solo, distribuição de massa sobre os rodados, características do rodado, transferência de massa durante a operação, cobertura vegetal, entre outros. Estes mesmos autores, avaliando o desempenho de um trator, concluem que, em função da cobertura de matéria seca sobre o solo, há aumento nos índices de patinagem, o que faz diminuir a eficiência de tração. Assim, os autores afirmaram que a tração é resultado da interação entre rodado e superfície.

Bortolotto et al. (2005) utilizaram instrumentação semelhante à anterior para a determinação da demanda energética de uma semeadora-adubadora sob diferentes velocidades de deslocamento e tipos de cobertura vegetal.

Foi utilizado um sistema de armazenamento de dados da marca *Campbell Scientific*, modelo CR 23X, para monitorar e exibir os dados da célula de carga.

Para a obtenção da força de tração na barra, fez-se uso de célula de carga com as seguintes características: fabricante Shimitsu Ltda., modelo TF400 com temperatura de utilização de -20 a 80 °C na escala nominal 0 – 100 KN e

alimentação recomendada de 10 a 12 Vcc. Os valores de força eram obtidos diretamente em kgf e enviados ao sistema de aquisição de dados (Figura 6).

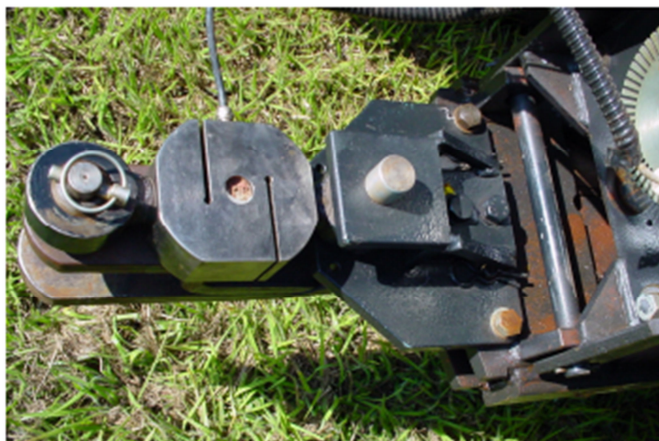


Figura 6. Célula de carga acoplada à barra de tração.
Fonte: Lopes 2006.

5.2.2 Média da rotação das rodas motrizes

A interação entre rodado e solo determina as condições de tração do trator, portanto, as características do pneu e da superfície de contato são fatores essenciais quando se deseja estudar a força de tração desenvolvida por máquinas agrícolas. Esta interação, segundo Gabriel Filho et al. (2010), é influenciada pela potência nominal do motor, pelos mecanismos de transmissão, pela distribuição de massa sobre os rodados, pela altura e pela posição dos engates da barra de tração.

Um problema que afeta o desempenho do trator é a patinação das rodas motrizes, o qual está diretamente relacionado à diminuição da força de tração e ao aumento no consumo de combustível. O valor da patinação para se obter a máxima eficiência de tração deve ficar entre 8 a 10% para solos sem mobilização, 11 a 13% em solos revolvidos e 14 a 16% em solos arenosos segundo a ASAE (1989).

Para determinar a patinação Lopes (2006) instalou um sensor *encoder* da marca S&E Instrumentos de Testes e Medições, modelo GIDP-60-U-12V, em cada roda do trator, fornecendo, assim, o número de pulsos individual para as quatro rodas (Figura 7). Esse equipamento tem o princípio de funcionamento com base no

deslocamento angular, e cada volta completa da roda corresponde a 60 pulsos fornecidos pelo sensor.



Figura 7. Sensores de patinagem dos rodados.
Fonte: Lopes 2006.

A patinagem foi determinada, individualmente, para cada roda do trator e, dessa forma, foi possível verificar o comportamento individualizado nas quatro rodas. O sistema de instrumentação forneceu o valor integrado do número de pulsos de cada roda no momento em que o trator operava na condição com e sem carga na barra de tração. A condição sem carga na barra, denominada condição zero, foi determinada em local plano de pista pavimentada (LOPES, 2006).

5.2.3 Medida da velocidade

A velocidade real de deslocamento do trator agrícola geralmente é determinada por meio de radar da marca Dick John, modelo RVS II, com erro de $\pm 3\%$ para velocidades de 3,2 a 70,8 km h⁻¹, instalado na parte inferior do trator de teste, fazendo ângulo de 45° com a superfície do solo, conforme recomendação do fabricante (Figura 8). Considerou-se a velocidade real de deslocamento, aquela obtida pelo radar no momento em que o trator de teste estava em operação. Os valores de velocidade foram obtidos em m h⁻¹ e convertidos em km h⁻¹ (LOPES, 2006).



Figura 8. Radar instalado na lateral direita do trator para a determinação da velocidade real de deslocamento.

Fonte: Lopes, 2006

5.2.4 Medida de consumo de combustível

Uma preocupação dos pesquisadores diz respeito à eficiência no consumo de combustível, pois representa um custo elevado no processo produtivo, além de, normalmente, ser de origem fóssil e não renovável. O consumo de combustível é influenciado por fatores como: lastro, carga demandada na barra de tração, tipo de pneu e velocidade de deslocamento (LOPES et al., 2003).

O consumo de combustível pode ser apresentado conforme Mialhe (1996) em unidades de volume por unidade de tempo ($L \cdot h^{-1}$), em que não se considera a influência da temperatura nem se relaciona com a potência desenvolvida. De acordo com Lopes et al. (2003), outra forma de apresentar o consumo de combustível é por meio da unidade de massa por unidade de tempo ($kg \cdot h^{-1}$). Apesar de considerar a influência da temperatura, não contempla a potência, por isso a maneira mais completa de apresentar o consumo de combustível é por meio da unidade de massa por unidade de potência ($g \cdot kW \cdot h^{-1}$), porém a forma de apresentação mais usual do consumo de combustível é em $L \cdot h^{-1}$.

Para medir o fluxo ou a vazão de líquidos e gases, é utilizado o fluxômetro. Há os mais variados modelos de fluxômetro, porém o mais comum utiliza engrenagens dispostas no caminho do fluxo a ser medido, pois quanto maior for o

fluxo, maior será a rotação das engrenagens, conforme Figura 9 (OVAL CORPORATION, 2008).

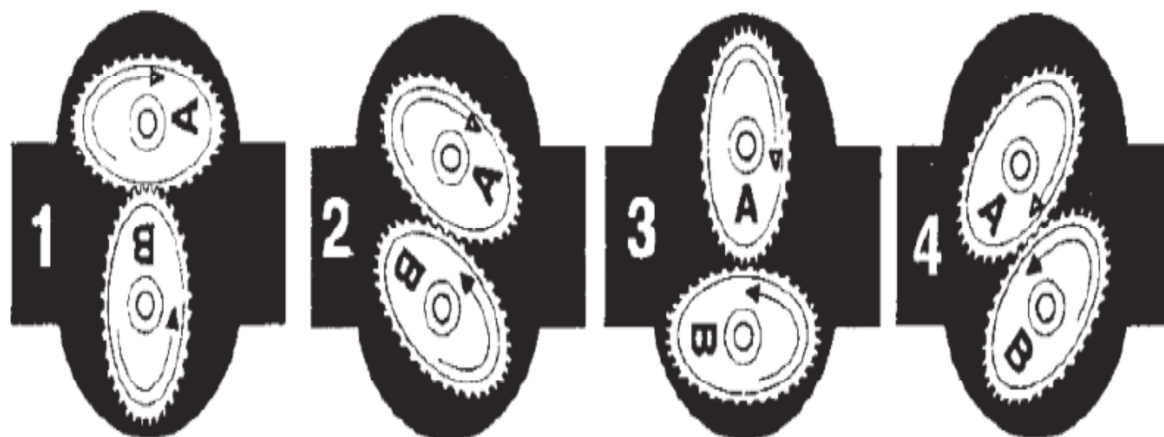


Figura 9. Sistema de engrenagens do fluxômetro.
Fonte: Oval corporation, 2008.

No trabalho realizado por Lopes et al. (2003), eles utilizaram um medidor de fluxo montado em série com sensores de temperatura, em que a temperatura foi usada no cálculo do consumo. Para a determinação do consumo específico, foi necessária a instalação de célula de carga para a medida da força de tração demandada durante as operações. Os dados eram enviados para um sistema de aquisição de dados que permitia sua leitura em uma planilha do Excel[®]. Com base em equações, foi possível calcular o consumo por hora ($L \cdot h^{-1}$), corrigido pelo efeito da temperatura, e o consumo específico ($g \cdot kW \cdot h^{-1}$). A Figura 10 mostra um esquema de montagem desenvolvida por Lopes et al. (2003) para a medida do consumo de combustível.

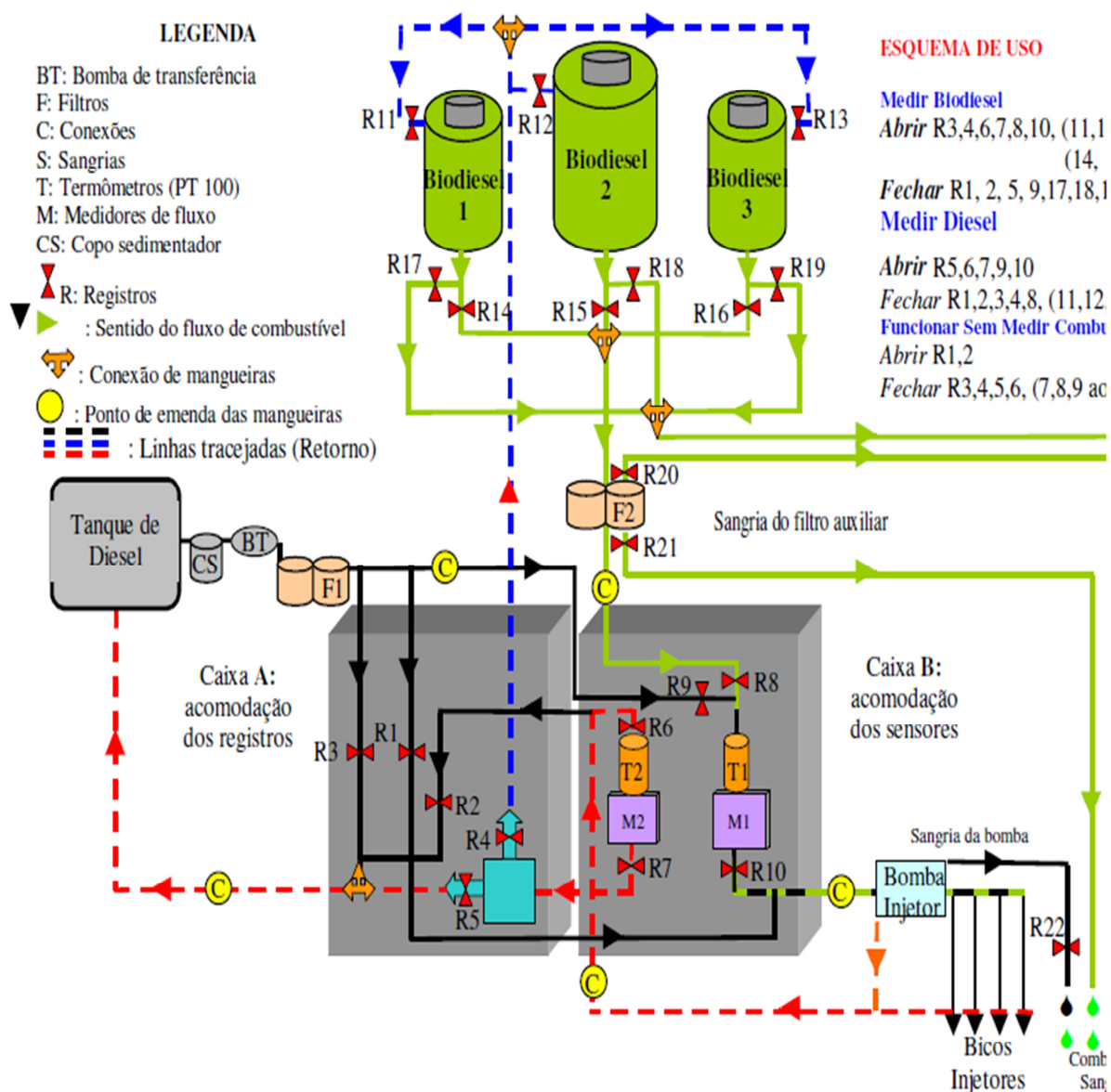


Figura 10. Protótipo usado para medição de combustível
 Fonte: Lopes et al. (2003)

6 Emissão de material particulado

Segundo a Lei Federal n.6.938, de 31 de agosto de 1981, já alterada pela Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989, a poluição é definida como “a degradação da qualidade ambiental, resultante de atividades que, direta ou indiretamente:

- Prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- Criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- Afetem desfavoravelmente a biota;

d) Afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente.”

Pela norma ABNT-NBR 8.969, de julho de 1985, Poluição do Ar significa “a presença de um ou mais poluentes atmosféricos”, e Poluentes Atmosféricos são definidos como “toda e qualquer forma de matéria e/ou energia que, segundo suas características, concentração e tempo de permanência no ar, possam causar ou venham causar danos à saúde, aos materiais, à fauna e à flora, e seja prejudicial à segurança, ao uso e ao gozo da propriedade, à economia e ao bem-estar da comunidade. O mesmo significado que contaminante atmosférico”.

Segundo Lora (2002), a poluição do ar pode ser de origem natural (vulcões, processos microbiológicos, etc.) e de origem antropogênica (combustão industrial, transportes, geração de energia, etc.). De acordo com Magrini et al. (2001), os poluentes atmosféricos são classificados em dois tipos: poluentes primários e poluentes secundários. Os poluentes primários são emitidos diretamente da fonte poluidora para a atmosfera. Entre os principais poluentes primários, destacam-se:

- Monóxido de Carbono (CO);
- Material Particulado (fumo, poeira, névoa);
- Óxidos de Enxofre (SO_x);
- Hidrocarbonetos;
- Dióxido de Carbono (CO₂);
- Metano (CH₄), e
- Óxido Nitroso (N₂O).

Arbitrariamente, pode-se classificar Material Particulado como partículas com diâmetro médio entre 0,1 µm e 100 µm. Lora (2002) define Material Particulado (MP) como qualquer substância, à exceção da água pura, que existe como líquido ou sólido na atmosfera e que tem dimensões microscópicas ou submicroscópicas, porém maiores que as dimensões moleculares.

Segundo Nevers (1999), os materiais particulados são classificados como Particulados Suspensos Totais (PST ou PTS) e podem permanecer no ar por tempo que pode variar de segundos a até minutos, dependendo de seu tamanho.

No Brasil, a natureza da poluição da atmosfera urbana pode ser considerada predominantemente veicular, embora até recentemente se acreditasse que a indústria era a grande “vilã”. Somente depois da década de 80 várias pesquisas

indicaram que a emissão veicular era a mais importante fonte de poluição nas grandes cidades (CORRÊA; ARBILLA, 2006; TURRIO-BALDASSARRI et al., 2006).

Mesmo que os veículos que utilizam óleo diesel como combustível representem somente 8,0 % da frota numérica brasileira, suas emissões são consideráveis perante a frota total. A distância de viagem desses tipos de veículos é muito grande, como pode ser comprovado pelo consumo de, aproximadamente, 40 % do combustível do brasileiro (ANFAVEA, 2010).

Para reduzir a contaminação do ambiente e enquadrar-se nas novas regras de emissão de poluentes, as indústrias de motores investem em modificações estruturais nos motores e adição de novos componentes que acarretem a melhoria do desempenho, reduza o consumo de combustível e a emissão de contaminantes. A adição de sobrealimentadores (*turbocharger, turbo*) e de permutadores de calor (*intercooler*) tem-se mostrado método eficaz para resolver estes problemas (CANLI, 2010).

Nos motores turbinados, especialmente em maiores rotações e com maior carga, o *turbo* tende a elevar a temperatura do ar admitido; conseqüentemente, à quantidade de ar introduzida na câmara de combustão diminui. (UZUN, 2010).

O permutador de calor do ar (*intercooler*) é montado na frente do sistema de arrefecimento da água (radiador). O ar ambiente é succionado pelo sistema de ventilação, sendo forçado a atravessar os dois sistemas de arrefecimento, coletando o calor excessivo existente em ambos (BRADY, 1996).

Vários trabalhos têm sido realizados sobre as propriedades do biodiesel e de suas emissões (ZUH, 2010). A substituição de diesel por misturas com biodiesel e as plantações de oleaginosas, como dendê e babaçu, permitem ao País obter créditos de carbono, sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Estudos mostram que a cultura do dendê é capaz de capturar 36 toneladas de CO₂ da atmosfera por hectare cultivado, enquanto a capacidade do pínus é de 5 toneladas de CO₂ por hectare (BELMIRO et al., 2007).

Para verificar a intensidade de material particulado presente na fumaça, utiliza-se a opacidade da fumaça, que indica a impenetrabilidade da luz, sendo que quanto mais escura for a fumaça, maiores serão a opacidade e a quantidade de material particulado. O opacímetro determina a opacidade da fumaça do gás

expelido, e este aparelho coleta somente parte do fluxo de gás, através da sonda e do tubo de captação acoplados no cano de escape do veículo. Verificou-se que, utilizando-se de biodiesel de soja e murumuru, ocorreu redução de 26,1 e 53,54%, respectivamente, na opacidade da fumaça quando comparado com o diesel (NEVES et al., 2013). Oliveira (2012) trabalhou com biodiesel de mamona e verificou redução na opacidade da fumaça à medida que se aumentou a proporção de mistura de biodiesel de mamona no diesel, e a mistura feita no momento do ensaio (com combustíveis não armazenados) apresentou maior redução, de 48,76%, em sequência à de 6 meses de armazenamento, com 47,15%, e 3 meses com 35,78%, quando comparado B0 com B100.

III MATERIAL E MÉTODOS

1 Área experimental

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola - LAMMA, do Departamento de Engenharia Rural, da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Câmpus de Jaboticabal. A área está situada lateralmente à Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, no km 5, com localização geodésica definida pelas coordenadas 21°15' latitude sul e 48°18' longitude oeste e altitude média de 570 m. A região apresenta temperatura média anual de 22,2 °C, precipitação média anual de 1.425 mm, umidade relativa média de 71% e pressão atmosférica de 94,3 kPa (UNESP, 2011). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, definido como subtropical com inverno seco, em transição para o Aw, tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

2 Solo

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférico típico, com relevo suave ondulado e declividade média de 3%, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (ANDREOLI; CENTURION, 1999). A análise referente ao solo seguiu a rotina do Departamento de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/Jaboticabal, conforme descrito em EMBRAPA (1997). O teor médio de água no dia do ensaio, no perfil de 0-15 e 15-30 cm de profundidade, foi 11,2 e 13,4%, respectivamente, segundo o método gravimétrico-padrão. A análise granulométrica da camada de 0-20 cm para argila, silte, areia fina e areia grossa foi 51; 29; 10 e 10%, respectivamente, sendo o solo classificado como textura argilosa.

3 Biodiesel

Utilizou-se de biodiesel de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) etílico destilado. O processo de produção e o fornecimento dos biocombustíveis ficaram a cargo do Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas - LADETEL, da Universidade de São Paulo-USP, Câmpus de Ribeirão Preto-SP, num sistema de parceria com a FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP. A polpa dos frutos da palmeira de buriti utilizados para produção de biodiesel foram coletados no norte do estado de Minas Gerais.

As misturas de biodiesel no diesel foram realizadas no momento de cada ensaio, e, entre os ensaios, todo o biodiesel não consumido dos depósitos, dos filtros e das tubulações foi drenado para evitar a contaminação do ensaio seguinte. Para a estabilização do ensaio, após a troca do combustível, o motor permaneceu em funcionamento durante dez minutos antes do início de cada ensaio.

4 Diesel

Utilizou-se de óleo diesel B S1800 e diesel B S50 classificados de acordo com a resolução da ANP nº 65, de 09 de dezembro de 2011 (ANP, 2012b).

O óleo diesel B S1800 tem quantidade de enxofre total máxima de 1.800 mg kg⁻¹ e massa específica a 20 °C de 860 kg.m⁻³, adquirido na cidade de Jaboticabal – SP. O Diesel B S50 tem quantidade de enxofre total máxima de 50 mg kg⁻¹ adquirido também na cidade de Jaboticabal – SP.

5 Tratores

O trator utilizado nos testes foi da marca Valtra, modelo BM 125i, 4x2, com tração dianteira auxiliar (TDA), potência máxima no motor de 91,9 kW (125 cv) a 2.300 rpm, equipado com turbo compressor e *intercooler*, massa total de 7.000 kg, distribuídos 40 e 60% nos eixos dianteiro e traseiro, respectivamente, relação massa/potência de

76 kg/kW (56 kg/cv), equipado com pneus tipo R1, 14.9-26 no eixo dianteiro e 23.1-30 no eixo traseiro, respectivamente, estando os referidos pneus calibrados conforme recomendação do fabricante. No momento do ensaio, o trator trabalhou na 3ª marcha do grupo L e rotação de 2.100 rpm.

O Trator de frenagem utilizado foi da marca Valmet, modelo 118-4, 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA), potência de 82,43 kW (112 cv) no motor a 2400 rpm, massa total de 7310 kg, distribuídos 40% e 60% respectivamente nos eixos dianteiro e traseiro, equipado com pneus tipo R1, 14.9-28 no eixo dianteiro e 23.1-30 no eixo traseiro, respectivamente. O trator trabalhou na 4ª marcha do grupo L.

6 Instrumentação do trator de teste para o ensaio de desempenho

O trator de ensaios utilizado encontra-se instrumentado com protótipo para medir combustível, desenvolvido e descrito por Lopes (2006).

6.1 Velocidade de deslocamento

A velocidade real de deslocamento foi determinada por meio de radar da marca Dick John, modelo RVS II, com erro de aproximadamente 3% para velocidades de 3,2 a 70,8 km h⁻¹, instalado na parte inferior do trator de teste, fazendo ângulo de 45° com a superfície do solo, conforme recomendação do fabricante. Considerou-se a velocidade real de deslocamento, aquela obtida pelo radar no momento em que o trator de teste estava em operação.

6.2 Força na barra de tração

A força na barra de tração foi obtida por meio de célula de carga da marca M.Shimitsu, modelo TF 400, com escala nominal de 0 a 100 kN, acoplada à barra de tração do trator, sendo os valores de força obtidos kN.

Para a montagem da célula de carga, utilizou-se de sistema em formato de berço, visando à acomodação e à proteção. Tal estrutura foi fixada no trator de teste e teve a função de absorver todo tipo de impacto lateral, vertical, horizontal ou torção que pudesse comprometer a integridade física do equipamento, provocado por acidentes devido a manobras ou mesmo a paradas bruscas.

6.3 Consumo de combustível

O consumo de combustível foi determinado, obtendo-se volume e temperatura do combustível que alimenta a bomba injetora e volume e temperatura do combustível que retorna ao tanque, sendo o combustível consumido a diferença entre as duas determinações. A temperatura do combustível medida foi utilizada para a correção da densidade do combustível.

O sistema de aquisição de dados consiste em dois conjuntos: um para a alimentação da bomba injetora e outro para o retorno. Cada conjunto contém um medidor de fluxo da marca Oval Corporation, modelo Flowmate LSF 41, com precisão de 1% sobre a vazão nominal e vazão máxima de 100 L h^{-1} , um sensor de temperatura do tipo resistivo, modelo PT 100 (resistência de 100 Ohms a 0°C), com faixa de medida de -200°C a 800°C . Os valores de fluxo de combustível foram obtidos em mL, e a temperatura, em $^\circ\text{C}$. O sistema conta com três depósitos auxiliares de combustível, permitindo a realização de ensaios com vários tipos ou misturas de combustíveis sem contaminar o tanque original do trator.

6.4 Sistema de aquisição de dados

Todos os transdutores e sensores foram alimentados a partir de uma bateria auxiliar, montada junto ao sistema de aquisição de dados. Os dados referentes ao consumo de combustível, à temperatura do combustível, à força na barra de tração, à rotação dos rodados, à rotação da tomada de potência e à velocidade de deslocamento foram monitorados e armazenados em um sistema de aquisição de

dados marca Campbell Scientific, modelo Microllogger CR23X, programado para obter dados na frequência de 1 Hz, sendo posteriormente transferidos via porta de comunicação serial (RS232) para um computador, a fim de serem processados, conforme Figura 11.



Figura 11. Vista lateral do trator de teste com instrumentação completa
Fonte: Adaptado de Lopes (2006)

7 Instrumentação do trator de teste para o ensaio de opacidade da fumaça

7.1 Opacímetro

A opacidade da fumaça é medida com o equipamento chamado opacímetro, constituído basicamente do elemento principal e de uma sonda coletora com

absorção de luz com fluxo parcial, da marca Tecnomotor, modelo TM 133, compatível com as normas NBR 13037, Inmetro, CEE 72/306.

Em motor diesel, o gás de escapamento contém partículas suspensas que, ao serem atravessadas por um fecho de luz, obscurecem, refletem ou refratam a luz. A fumaça do escapamento coletada pela sonda do opacímetro é levada até a câmara de medição, na qual existem um emissor de luz e um receptor serial da marca Tecnomotor, modelo TM 616. Ao passar pela câmara, a fumaça provoca alterações no fecho de luz, sendo a porção captada pelo receptor processada pelo equipamento. Tal equipamento exporta os dados convertidos para computadores, por meio de conexão serial, cuja interface é especificamente o *software* denominado IGOR, versão 2.0, que gerencia os dados. Os equipamentos estão apresentados nas Figuras 12 e 13.



Figura 12. Instrumentação utilizada no ensaio de opacidade da fumaça.

Fonte: Lopes (2006).



Figura 13. Vista do trator instrumentado para o ensaio de opacidade da fumaça.
Fonte: Lopes, 2006.

8 Condução do trabalho

O trabalho foi dividido em duas etapas: a primeira, dinâmica, realizada em condições de campo, com o intuito de avaliar o desempenho do trator, e a segunda, estática, para avaliar a opacidade da fumaça do motor do trator. Os experimentos foram divididos em tópicos, da seguinte forma:

- Ensaio I - Desempenho do trator, e
- Ensaio II - Opacidade da fumaça do motor do trator.

9 Delineamento experimental

Ambos os ensaios foram realizados com delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo os dados analisados em esquema fatorial 7 x 2, com três repetições, totalizando 42 observações. As combinações dos fatores foram seis proporções da mistura de biodiesel/diesel (B0, B5, B15, B25, B50, B75 e B100, em que o número indica a percentagem de biodiesel de buriti no diesel) e dois tipos

de diesel (B S1800 e B S50). No ensaio de desempenho, cada parcela experimental possuía 40 m de comprimento e, entre si, na direção longitudinal, havia reservado um espaço de 15 m destinado à realização de manobras, tráfego de máquinas e estabilização do conjunto motomecanizado em cada tratamento. A localização e a distribuição das repetições de cada tratamento na área do ensaio de desempenho encontram-se ilustradas na Figura 14.

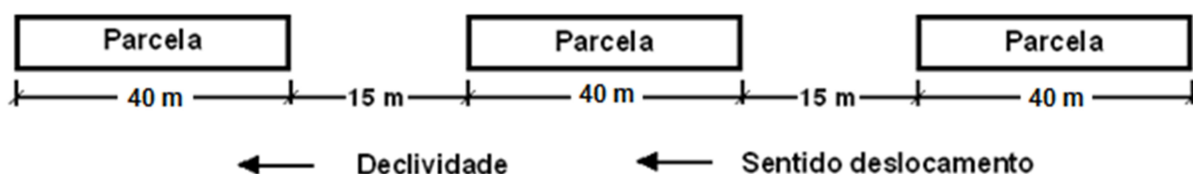


Figura 14. Esquema das parcelas.

10 Tratamentos

As combinações e as qualificações dos tratamentos encontram-se na Tabela 7. Relação e designação dos tratamentos dos ensaios I e II.

Tabela 7. Relação e designação dos tratamentos dos ensaios I e II.

Tratamentos	Biodiesel	Proporção (%)		Designação
		Biodiesel	Diesel	
T1	Diesel B S1800	0	100	DIB0
T2		5	95	DIB5
T3		15	85	DIB15
T4		25	75	DIB25
T5		50	50	DIB50
T6		75	25	DIB75
T7		100	0	DIB100
T8	Diesel B S50	0	100	DMB0
T9		5	95	DMB5
T10		15	85	DMB15
T11		25	75	DMB25
T12		50	50	DMB50
T13		75	25	DMB75
T14		100	0	DMB100

11 Ensaio I - Desempenho do trator

11.1 Escarificador

Com a finalidade de oferecer carga à barra de tração do trator de teste, no ensaio preliminar, foi utilizado um escarificador de arrasto Marchesan, modelo AST/MATIC 7, com massa total de 1.400 kg. Esse equipamento é constituído de cinco hastes espaçadas de 45 cm entre si, ponteira sem asa com 8 cm de largura, discos de corte de palha para cada haste, sistema de segurança de desarme automático e rolo destorroador. A regulação foi estabelecida para trabalhar à profundidade média de 30 cm e relação espaçamento/profundidade de 1,5.

Foi realizado um ensaio preliminar, também denominado de experimento-piloto, com a finalidade de definir a carga na barra de tração do trator de teste correspondente ao esforço máximo, tecnicamente viável, que o trator de teste pôde tracionar. O ensaio compreendia a operação de escarificação da área experimental a 30 cm de profundidade. A força de tração necessária para realizar essa operação foi mensurada em aproximadamente 25 kN. Devido à grande variabilidade na resistência do solo durante a operação, o escarificador foi substituído por um segundo trator, denominado trator de frenagem.

Para a força mensurada, a patinagem ficou em torno de 10%, conforme recomendada pela ASAE (1997).

11.2 Uso dos tratores

No momento dos ensaios, o trator de teste operou a 2.100 rpm, com tração dianteira auxiliar (TDA), sendo a velocidade de trabalho conseguida com a combinação do câmbio na marcha 3ª, grupo “L”.

O trator de frenagem foi acoplado ao trator de teste por meio de cabo de aço, formando comboio, e, em virtude da combinação de marchas do trator de frenagem, o esforço na barra de tração foi semelhante à escarificação a 30 cm de profundidade, ressaltando-se que tal carga foi obtida por meio da combinação de marchas do trator de frenagem (marcha 4ª, grupo “L”), com tal força sendo de 25 kN. O referido trator foi tracionado desligado e engrenado, pois a única função era oferecer carga na barra de tração do trator de teste a mais uniforme possível. A dinâmica do ensaio é ilustrada conforme Figura 15.



Figura 15. Dinâmica do ensaio de desempenho.
Fonte: Lopes (2006).

Em todas as parcelas, procurando estabilizar as determinações, o trator de teste iniciava o movimento num espaço de 15 m, antes da primeira baliza, que demarcava o início da medição. Quando o referencial do trator, centro do rodado traseiro, coincidia com a primeira baliza, era acionado o sistema de aquisição de dados. O procedimento era interrompido quando decorriam os 40 m de comprimento da parcela, momento em que o centro do rodado traseiro coincidia com a segunda baliza.

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

- Tempo de percurso;
- Velocidade real de deslocamento;
- Força integrada;
- Volume de combustível consumido;
- Temperatura do combustível na entrada da bomba injetora;
- Temperatura do combustível no retorno dos bicos e da bomba injetora;
- Número de pulsos individual das rodas dianteira direita e esquerda, e
- Número de pulsos individual das rodas traseira direita e esquerda.

11.3 Patinagem dos rodados

A patinagem foi determinada, individualmente, para cada roda do trator, sendo possível verificar o comportamento individualizado nas quatro rodas. O sistema de instrumentação forneceu o valor integrado do número de pulsos de cada roda, no momento em que o trator operava na condição com e sem carga na barra de tração. A condição sem carga na barra, denominada condição zero (ASAE, 1997), foi determinada em local plano de pista pavimentada. Para o cálculo da patinagem, utilizou-se da equação (1):

$$P = \left(1 - \frac{NPS}{NPC} \right) * 100 \quad (1)$$

em que,

P = patinagem (%);

NPC = nº de pulsos da roda, trator operando com carga na barra de tração;

NPS = nº de pulsos da roda, trator operando sem carga na barra de tração, e

100 = fator de conversão.

Os resultados apresentados são a média aritmética da patinagem dos rodados dianteiros e traseiros.

11.4 Velocidade de deslocamento

A velocidade de deslocamento foi medida de forma direta pelo radar.

11.5 Força média na barra de tração

A força na barra de tração exercida pelo trator de teste foi determinada de forma direta pela célula de carga acoplada ao trator de teste. Os valores fornecidos em kgf foram transformados em kN, conforme equação (2).

$$FT = \left(\frac{F_t}{1.000} \right) * 9,81 \quad (2)$$

em que,

FT = força média de tração na barra (kN);

F_t = força de tração média (kgf), e

1.000 e 9,81 = fator de conversão.

11.6 Potência na barra de tração

A potência na barra de tração foi determinada de forma indireta, conforme equação (3):

$$PB = FT * \left(\frac{Vel}{3,6} \right) \quad (3)$$

em que,

PB = potência na barra de tração (kW);

FT = força média de tração na barra (kN);

Vel = velocidade real de deslocamento (km h⁻¹), e

3,6 = fator de conversão.

11.7 Consumo de combustível

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

11.7.1 Consumo horário volumétrico

Com base no volume consumido e no tempo de percurso em cada parcela, foi determinado o consumo horário volumétrico, conforme equação (4):

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

em que,

Chv = consumo horário ($L h^{-1}$);

Va = volume de alimentação de combustível na entrada da bomba injetora (mL);

Vr = volume total retornado dos bicos e da bomba injetora (mL);

t = tempo de percurso na parcela (s), e

3,6 = fator de conversão.

11.7.2 Consumo horário ponderal

Para o cálculo do consumo horário ponderal, consideraram-se a influência da densidade do combustível de alimentação e o retorno no momento do teste, conforme equação (5):

$$Chp = \left(\frac{Va * Dca - Vr * Dcr}{t} \right) * 0,0036 \quad (5)$$

em que,

Chp = consumo horário ponderal (kg h^{-1});

Va = volume do combustível de alimentação (mL);

Dca = densidade do combustível de alimentação (kg m^{-3});

Vr = volume do combustível de retorno (mL);

Dcr = densidade do combustível de retorno (kg m^{-3});

t = tempo de percurso na parcela (s), e

0,0036 = fator de conversão.

11.7.3 Consumo específico

Consumo específico é o consumo de combustível expresso em unidade de massa por unidade de potência desenvolvida na barra de tração, conforme equação (6):

$$Ce = \left(\frac{Chp}{PB} \right) * 1.000 \quad (6)$$

em que,

Ce = consumo específico (g kWh^{-1});

Chp = consumo horário ponderal (kg h^{-1});

PB = potência na barra de tração (kW), e

1.000 = fator de conversão.

11.8 Densidade do combustível

Ao longo de uma jornada de trabalho, a temperatura em ambiente protegido pode variar de 12,5 a 30,6 °C, caso particular medido em série de 30 anos em

Jaboticabal, conforme UNESP (2006). Porém, em condição de ambiente não protegido, como é o caso do trabalho de tratores, pode ser observada temperatura de até 45 °C ao meio-dia. Nessas condições, ressalta-se, entretanto, que a temperatura do combustível no tanque das máquinas pode variar de 12,5 a 50 °C (LOPES, 2006). Por esse motivo, quando se avaliou o consumo de combustível, determinou-se também como a densidade do mesmo varia em função da temperatura e da proporção de mistura de diesel e biodiesel. Para essa finalidade, utilizou-se de balança de precisão, de manta aquecedora e de termômetro digital. No momento das avaliações, a temperatura ambiente era superior ao menor limite de temperatura do ensaio, por isso a amostra do combustível foi submersa em gelo a fim de que a temperatura se reduzisse a 15 °C, que correspondia ao limite inferior do ensaio. A partir desse ponto, a amostra foi aquecida até atingir a temperatura de 70 °C, limite máximo do ensaio. No início da determinação, a 15 °C, mediu-se o volume de 100 mL, verificou-se a massa e, depois, foi monitorada a variação volumétrica referente ao acréscimo de cada 5 °C. Tal procedimento foi repetido para as cinco proporções de misturas. Com base na análise de variância, os dados foram ajustados por meio do modelo de maior grau significativo. Esse procedimento originou um modelo quadrático, conforme a Equação 6 (LOPES et al., 2003):

$$D = 0,0022T^2 + 0,0011P^2 - 0,813T + 0,306P - 0,0007 T P + 850 \quad (6)$$

em que,

D= densidade da mistura de diesel B S1800 e de biodiesel (kg m^{-3});

T = temperatura do combustível (°C), e

P = proporção de biodiesel (%).

12 Ensaio II – Opacidade da fumaça do motor do trator

Os ensaios foram realizados de acordo com o método da aceleração livre, que é o regime de rotação a que o motor é submetido com o acelerador ao curso máximo, permanecendo nessa condição por tempo máximo de cinco segundos,

sendo a potência desenvolvida absorvida somente pela inércia dos componentes mecânicos do motor (embreagem, árvore primária da caixa de mudanças), uma vez que o trator estava estacionado, conforme NBR 13037 (ABNT, 2001). As medições de opacidade são feitas em K, que é o coeficiente de absorção de luz, e tem como unidade m^{-1} (TECNOMOTOR, 2012).

13 Análise estatística

13.1 Análise de variância e teste de médias

Os dados foram tabulados e submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias de Tukey, a 5% de probabilidade (BANZATTO; KRONKA 2006).

13.2 Análise de regressão

Para consumo específico e opacidade da fumaça, foi estudado modelo de ajuste de regressão que melhor explicasse o comportamento dos mesmos, em função da proporção de biodiesel. Para o caso da densidade, procurou-se modelo de superfície de resposta que explicasse essa variável em função da temperatura e da proporção de biodiesel. Utilizou-se da análise de variância (teste F) para selecionar o modelo de equação de maior expoente significativo.

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio I – Desempenho do trator agrícola

Os dados referentes aos fatores Tipo de diesel e proporção de mistura representaram médias de 14 e 6 observações, respectivamente (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8. Síntese da análise de variância e teste de médias para as variáveis, força média na barra, potência média na barra e velocidade de deslocamento.

Fatores	Potência (kW)	Velocidade (km h⁻¹)
Tipo de Diesel (TD)		
B S1800	44,41 a	6,53 a
B S50	44,75 a	6,40 a
Proporção de Biodiesel (Bn)		
B0	45,81 a	6,88 a
B5	45,12 a	6,35 a
B15	44,25 a	6,43 a
B25	43,86 a	6,41 a
B50	44,79 a	6,42 a
B75	44,09 a	6,41 a
B100	44,13 a	6,38 a
TESTE F		
TD	0,7410 NS	0,7711 NS
Bn	1,8453 NS	0,9015 NS
TDxBn	2,1014 NS	1,0286 NS
C.V.(%)	2,82	7,32
Média	44,58	6,47

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

** significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); NS: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

1 Potência média na barra

A partir dos dados do experimento apresentado na Tabela 8, verifica-se que os fatores tipo de diesel e proporção de biodiesel etílico de buriti não influenciaram na variável potência média na barra de tração, sendo a média de 44,58 kW. Estes

resultados evidenciaram que o uso do diesel BS1800, BS50 e as proporções com biodiesel etílico de buriti não afetaram a potência disponível na barra de tração. Câmara (2009) também trabalhou com diesel B S1800 em proporções com biodiesel de dendê, e os resultados evidenciaram que o uso daquele biodiesel também não afetou a potência disponível na barra de tração, pois a forma de compensação do menor poder calorífico do biodiesel foi o aumento no consumo de combustível para que a potência na barra de tração não fosse comprometida.

2 Velocidade de deslocamento

O tipo de diesel e as proporções com biodiesel etílico de buriti não influenciaram na velocidade de deslocamento do trator agrícola (Tabela 8). Estes resultados são semelhantes aos encontrados por LIMA et al. (2013), que também concluíram que não houve diferença significativa na variável velocidade apesar de utilizarem biodiesel de dendê e de tucumã como combustível ao avaliarem o desempenho de um trator agrícola.

3 Consumo de combustível

3.1 Consumo horário volumétrico

O tipo de diesel não influenciou no consumo horário volumétrico de combustível (Tabela 9). Esses resultados contradizem os valores encontrados por Tabile et al. (2009), que trabalharam com biodiesel de mamona como combustível e avaliaram um trator marca Valtra, modelo BM100, funcionando com óleo diesel B S1800, tendo quantidade de enxofre total de 1.800 mg kg^{-1} e B S500, tendo quantidade de enxofre total de 500 mg kg^{-1} . Os autores observaram menor consumo para o diesel B S500, justificando-se melhor qualidade desse produto em relação ao diesel B S1800.

Consumo volumétrico de combustível é a informação mais utilizada entre os agricultores para a aferição e o controle do consumo de combustível das máquinas agrícolas, assim como todas aquelas sem acesso às medidas de laboratório, sendo este dado de simples obtenção e de fácil análise (CÂMARA, 2009).

Tabela 9. Síntese da análise de variância e teste de médias para as variáveis: consumo horário volumétrico de combustível, consumo ponderal de combustível e consumo específico de combustível.

Fatores	Chv L h ⁻¹	Chp kg h ⁻¹	Cesp g kW h ⁻¹
Tipo de Diesel (TD)			
B S1800	13,63 a	11,57 a	260,69 a
B S50	13,76 a	11,80 a	264,32 a
Proporção de Biodiesel (Bn)			
B0	13,46 a	11,26 a	246,19 a
B5	13,28 a	11,18 a	248,31 ab
B15	13,39 a	11,33 ab	256,08 ab
B25	13,35 a	11,35 ab	258,99 abc
B50	14,08 a	11,98 abc	267,66 bcd
B75	14,09 a	12,23 bc	277,59 cd
B100	14,23 a	12,48 c	282,72 d
TESTE F			
TD	0,5599 ^{NS}	2,1743 ^{NS}	1,1609 ^{NS}
B _n	3,0582 ^{NS}	6,5773 ^{**}	9,8912 ^{**}
TDxB _n	1,6859 ^{NS}	1,6457 ^{NS}	0,6361 ^{NS}
C.V.(%)	4,24	4,32	4,16
Média	13,70	11,69	262,51

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

** significativo (P<0,01); * significativo (P<0,05); NS: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

Com relação à proporção de mistura, não houve diferença significativa (Tabela 9). Os resultados contradizem os dados encontrados por Lima et al. (2013), que trabalharam com proporções de biodiesel de dendê e tucumã como combustível no desempenho de um trator equipado com motor turbo. Neves et al. (2013), avaliando proporções de biodiesel de soja e murumuru em um trator equipado com motor turbo *intercooler*, também não encontraram diferença significativa com o incremento de mistura de biodiesel no diesel. Segundo estes autores, o aumento no

consumo horário volumétrico de combustível ocorre em função do menor poder calorífico do biodiesel em relação ao diesel. Desta forma, é necessário disponibilizar maior quantidade de combustível para realizar a mesma quantidade de trabalho.

3.2 Consumo horário ponderal

O consumo ponderal de combustível não foi influenciado pelo tipo de diesel (Tabela 9), contradizendo os resultados obtidos por Tabile et al. (2009), nos quais o diesel B S500 apresentou consumo de combustível 3,7% menor quando comparado com diesel B S1800, segundo os mesmos autores, em função da menor densidade desse combustível, uma vez que tais características influenciam no comportamento da variável.

A diferença significativa ocorreu na análise da proporção de biodiesel (Tabela 8). O consumo ponderal foi semelhante entre as proporções B0, B5, B15, B25 e B50, com B15 sendo semelhante ao B25, B50, B75. Comparando B0 a B100, observou-se aumento de 10,8%. Essa alteração ocorreu quando se corrigiu o efeito da densidade do biodiesel de buriti com base na temperatura do combustível registrada na entrada (alimentação) e na saída (retorno) da bomba injetora. Deve-se lembrar que, para o funcionamento do motor, existe relação ideal entre massa de ar e massa de combustível, daí a necessidade de transformar consumo volumétrico em consumo ponderal (NEVES et al., 2013).

O consumo horário ponderal é importante para os profissionais que trabalham na distribuição de combustíveis, na qual se leva em consideração o volume de combustível que sai da origem e a que chega ao destino (CÂMARA, 2009).

3.3 Consumo específico

Não houve diferença significativa para o consumo específico de combustível em função do tipo de diesel, como também é observado para os consumos volumétrico e ponderal (Tabela 9). Com relação às proporções de mistura, nota-se que, a partir da adição de 50% de biodiesel etílico de buriti, ocorreu diferença

significativa no consumo específico, quando comparado ao diesel (Tabela 9). Todavia, comparando-se B0 a B100, o consumo aumentou 14,8%. Tais resultados são semelhantes ao encontrado por Oliveira (2012), com relação às proporções de mistura de biodiesel no diesel, trabalhando com diesel B S1800; e nas proporções com biodiesel de mamona, notou-se que até a adição de 25% de biodiesel de mamona não ocorreu diferença significativa no consumo específico. Entretanto, comparando-se B0 a B100, o consumo aumentou 31,3%.

A importância de expressar o consumo de combustível na forma específica é atender à comunidade científica e também a fabricantes de tratores e motores, pois, na referida modalidade, levam-se em consideração o volume de combustível, a sua densidade e a potência desenvolvida na barra de tração. Por este motivo, tal modalidade é a maneira mais recomendada para se comparar tratamentos cientificamente (NEVES, 2012).

O comportamento do consumo específico em função da proporção de mistura foi ajustado a um modelo linear de regressão e está ilustrado conforme Figura 16.

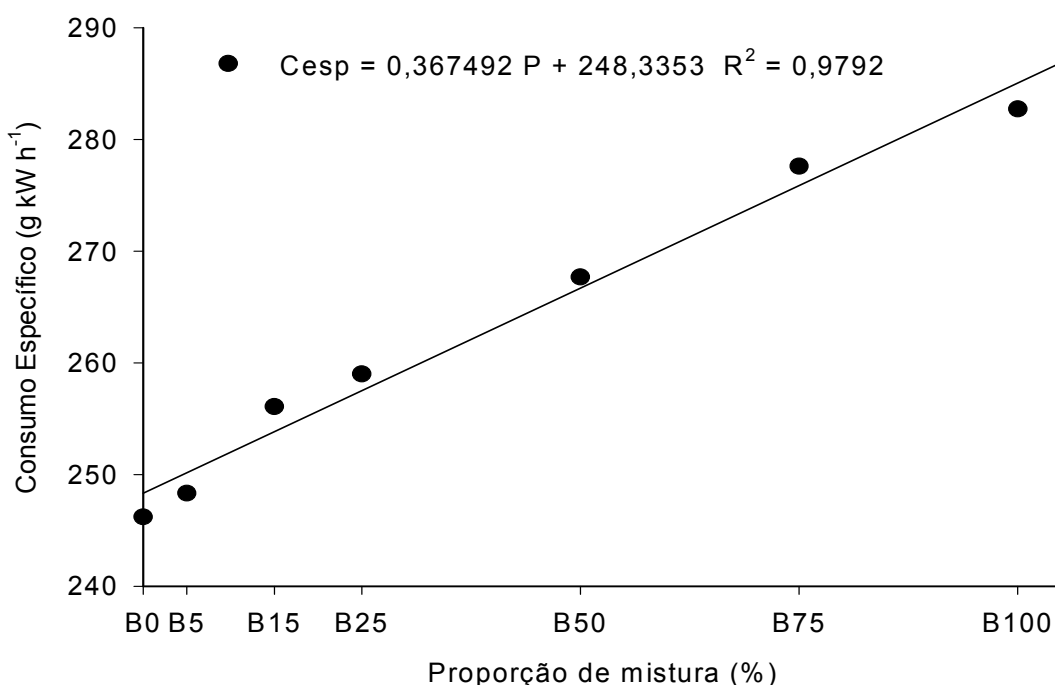


Figura 16. Ajuste de modelo de regressão que explica o consumo específico em função da proporção de biodiesel etílico de buriti.

Ensaio II – Opacidade da fumaça do trator

Com relação aos resultados médios da opacidade da fumaça, os dados referentes aos fatores tipo de diesel e proporções de biodiesel etílico de buriti representam médias de 14 e 6 observações, respectivamente (Tabela 10).

Pela Tabela 10, observa-se que, para a opacidade da fumaça, a interação entre os fatores tipo de diesel e proporções de mistura de biodiesel foi significativa, por isso a referida variável foi analisada utilizando-se de uma tabela complementar de desdobramento (Tabela 11).

Tabela 10. Síntese da análise de variância e teste de médias para a variável opacidade da fumaça.

Fatores	Opacidade (m ⁻¹)
Tipo de Diesel (TD)	
B S1800	2,49
B S50	2,26
Proporção de Biodiesel (Bn)	
B0	2,65
B5	2,59
B15	2,61
B25	2,47
B50	2,31
B75	2,15
B100	1,82
TESTE F	
TD	527,0095 **
B _n	524,3373 **
TBxB _n	28,4971 **
C.V.(%)	2,72

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

** significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); NS: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

Tabela 11. Síntese do desdobramento da interação tipo de diesel e proporção de biodiesel etílico de buriti para a variável opacidade da fumaça (m^{-1}).

Tipo de diesel	Proporção de Biodiesel						
	B0	B5	B15	B25	B50	B75	B100
B S1800	2,73Aab	2,76Aa	2,76Aa	2,67Ab	2,46Ac	2,20Ad	1,82Ae
B S50	2,56Ba	2,42Bb	2,47Bb	2,27Bc	2,16Bd	2,09Bd	1,82Ae

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não deferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 11, analisando-se o fator tipo de diesel (na linha), verifica-se que a opacidade da fumaça se reduziu em 33,33 % e 28,9%, para diesel B S1800 e B S50, respectivamente, à medida que se aumentou a quantidade de biodiesel etílico de buriti à mistura. Essa situação pode ser explicada devido à presença de oxigênio livre na molécula de biodiesel, e, sendo assim, aumenta-se a eficiência na combustão do motor de ciclo diesel. Esse comportamento também foi observado por Lima et al. (2013), que obtiveram redução de 36,25% e 60% na opacidade da fumaça do motor de um trator agrícola funcionando com proporções de mistura de biodiesel de dendê e tucumã, respectivamente. Resultados semelhantes também foram obtidos por Neves et al. (2013), que observaram redução de 26,1% e 53,5%, respectivamente, quando utilizaram proporções crescentes de biodiesel de soja e murumuru em um trator agrícola equipado com motor turbo *intercooler*.

Ainda na Tabela 11, analisando-se essa variável no fator proporção de biodiesel (na coluna), verifica-se que o diesel B S50 apresentou melhor resultado em comparação ao diesel B S1800. A redução da opacidade é representativa e favorável ao uso do biodiesel, o que, em parte, é explicado pela ausência de enxofre no biocombustível. O enxofre compartilha o oxigênio disponível na fase tardia da combustão com o carbono resultante da queima parcial, e em algumas condições de funcionamento do motor, aumenta a produção de material particulado (MAZZIERO et al., 2006). Pela diferença dos tipos de diesel, explica-se a exigência de se utilizar o diesel com menor quantidade de enxofre, principalmente nos grandes centros urbanos, sendo essa ação ainda mais potencializada com a adição do biodiesel, conforme disciplinada na Lei 11.097/2005 (BRASIL, 2013b).

Após analisados, os dados da opacidade da fumaça foram ajustados, resultando em modelos lineares, comparando-se o diesel B S1800 com B S50, e ainda proporções destes com o biodiesel etílico de buriti, conforme ilustrado na Figura 17.

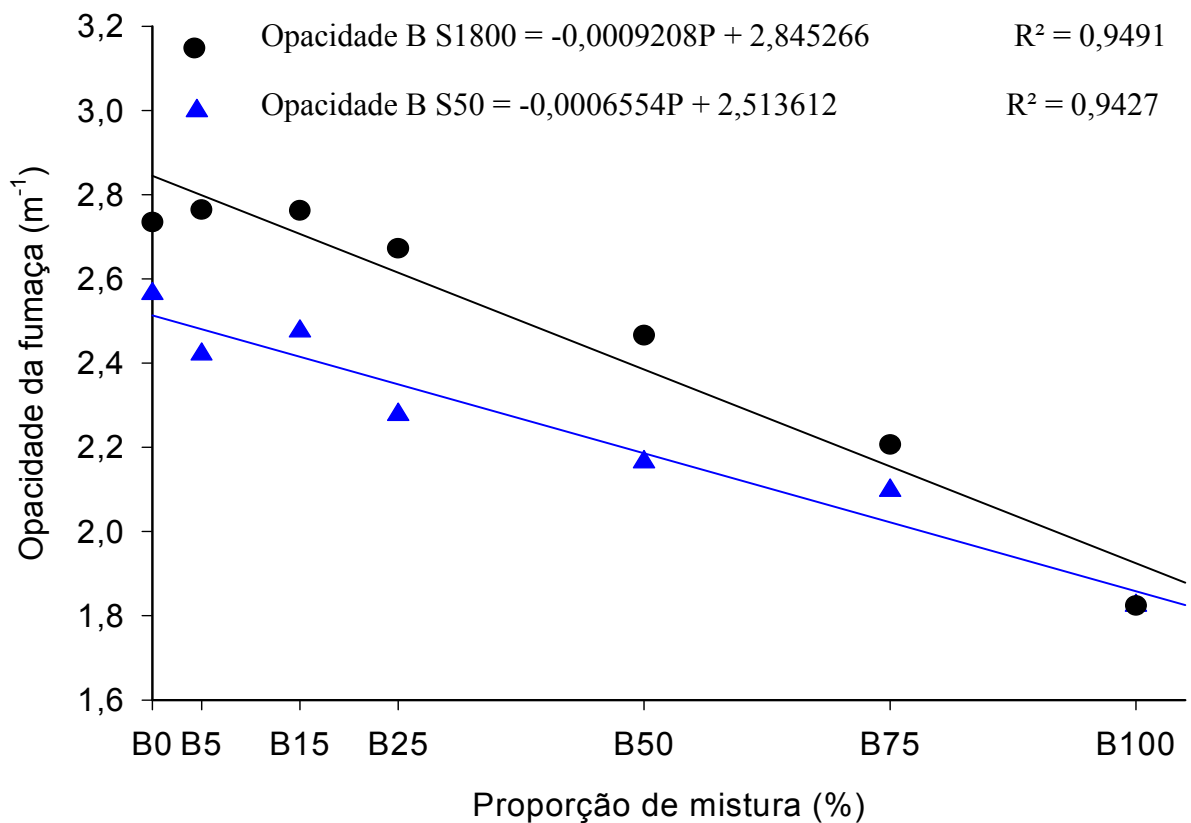


Figura 17. Modelo de regressão para a opacidade da fumaça em função do tipo de diesel (B S1800 e B S50) e das proporções de mistura de biodiesel etílico de buriti com diesel.

CONCLUSÕES

1. A utilização de diesel BS1800 e diesel BS50 com as proporções de mistura com biodiesel etílico de buriti não influenciou no desempenho do trator agrícola na operação de preparo do solo: Latosolo Vermelho eutroférico típico.
2. O consumo específico de combustível aumentou em 5,41% quando se compara B0 com B100 (biodiesel etílico de buriti). Nesta variável, não houve diferença para os 2 tipos de diesel.
3. Comparando-se B0 com B100, a opacidade da fumaça reduziu-se em 33,33% e 28,90% quando se trabalhou com diesel BS1800 e BS50, respectivamente. A opacidade de B S50 foi 6,22% menor que B S1800.

VI REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8.969: Poluição do ar - Terminologia**. Rio de Janeiro: 1985.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13037: Veículos rodoviários automotores – Gás de escapamento emitido por motor em aceleração livre – Determinação da opacidade**. Rio de Janeiro: 2001.

ALBUQUERQUE S. R. S. E REGIANI A. M. Estudo do fruto do buriti (*Mauritia flexuosa*) para obtenção de óleo e síntese de biodiesel. **Sociedade Brasileira de Química (SBQ)**. Universidade Federal do Acre – Departamento de Ciências da Natureza, Rio Branco/AC, 2003.

ALBUQUERQUE, M. L. S.; GUEDES, I., ALCANTRA Jr., P.; MOREIRA, S. G. C; BARBOSA NETO, N. M.; CORREA, D. S.; ZILIO, S. C. Characterization of buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil by absorption and emission spectroscopies. **Journal Brazilian Chemical Society**, v.16, p1113-1117, 2005

ALBUQUERQUE, S. R. S.; REGIANI A. M. Estudo do fruto do buriti (*Mauritia flexuosa*) para a obtenção de óleo e síntese de biodiesel. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 29., 2006, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: SBQ, 2006, CD-ROM.

ALVES, M. V. **Estabilidade e filtrabilidade de óleo diesel**. 2007. Dissertação de Mestrado, Programa de pós-graduação em engenharia química, Universidade do estado do Rio de Janeiro, Instituto de Química. Rio de Janeiro, 2007; 102 f.

ANDREOLI, I., CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, Brasília, 1999. **Anais...**, Brasília, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1999. 32p. (T025-3 CD-ROM)

ANFAVEA, **Anuário da Industria Automobilística Brasileira**, São Paulo, 2010.

ANP - **Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - 2011**. Rio de Janeiro: ANP, 2013a.

ANP – **Agência Nacional do Petróleo**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel.asp>. Acesso em: 02 de junho de 2013b.

ASAE - American Society of Agricultural Engineers. Standards S209.5. *Agricultural tractor test code*. In: **ASAE standards** 1989: standards engineering practices data. St. Joseph, 1989. p.44-48

ASAE - AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Agricultural tractor test code SAE J708**. In: ASAE standards 1997: standards engineering practices data. 44. ed. St. Joseph: ASAE, 1997. p.407– 411.

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

BARBOSA, R. I.; LIMA, A. D. & MOURÃO JR., M. Biometria de frutos do buriti (*Mauritia flexuosa* L.f. - Arecaceae): produção de polpa e óleo em uma área de savana em Roraima. **Amazônia Ciência & Desenvolvimento** 5(10):71-85. 2010

BARRETO, C.R. Óleo de dendê substitui petróleo como combustível e matéria-prima. **Petro & Química**, ano. 5, n. 50, 1982.

BELMIRO, T.; FURLAN, J. J.; NODARI, A. Riqueza para a Amazônia, **Agroanalysis**, São Paulo, v. 27, n. 7, p 27- 28, jul. 2007.

BICALHO, F. S. **Propriedades físicas do poliestireno e poli (metacrilato de metila) modificados com óleo de butiri (*Mauritia flexuosa*)**. 2006. 1505 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Departamento de Física. Universidade Federal do Pará. Belém, 2006.

BILICH, F., DA SILVA, R., Análise multicritério da produção de Biodiesel. In: XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. **Anais...** Goiânia: 2006.

BORTOLLOTO, V. C.; PINHEIRO N. R.; BARTOLOTO M. C. Demanda energética de uma semeadora-adubadora sob diferentes velocidades de deslocamento e tipos de cobertura vegetal no plantio direto da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p.357-362, abr. 2005.

BRADY, R.N. **Modern Diesel Technology**. Prentice Hall, New Jersey, Columbus, Ohio. 1996.

BRASIL. **Agência Nacional de Petróleo**. Resolução nº 07, de 19 de março de 2008. Disponível em: <www.anp.gov.br/petro/legis_biodiesel.asp>. Acesso em: 7 abril 2013.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2013** – Ano base 2012: Resultados Preliminares. Rio de Janeiro: EPE, 2013. 51 p. Em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Resultados_Pre_BEN_2012.pdf>. Acesso em: 13 julho 2013a.

BRASIL, Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004_2006/2005/Lei/L11097.htm> 23 Out. 2013b.

CAMARA, F. T. **Biodiesel de dendê em trator agrícola: desempenho em função do tempo de armazenamento e da proporção de mistura na operação de preparo do solo**. 2009. 92f. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009.

CANLI, E.; “**Supercharging and Intercooling Systems in Internal Combustion Engines**”, Selcuk University Natural and Applied Sciences Institute, Konya (in Turkish). 2010.

CARVALHO, C. O. **Comparação entre métodos de extração do óleo de *Mauritia flexuosa* L.f. (arecaceae - buriti) para o uso sustentável na reserva de desenvolvimento tupé: rendimento e atividade antimicrobiana**. Dissertação de Mestre em Biotecnologia e Recursos Naturais. Universidade do Estado do Amazonas (uea). Manaus/AM, 2011

COIMBRA, M.D.J. (2007). **Avaliação da influência da adição crescente de biodiesel no óleo diesel**. Souza Marques. Rio de Janeiro. Monografia de conclusão de curso.

CORRÊA, S. M.; ARBILLA, G. **Aromatic hydrocarbons emissions in diesel and biodiesel exhaust**. *Atmospheric Environment*, v. 40, n. 35, p.6821-6826, 2006.

CYMERYS M.; FERNANDES, N. M. P. e RIGAMONTE-AZEVEDOO. C. Buriti *Mauritia flexuosa* L.f. **Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica**. 300 p. il. Belém: CIFOR, Imazon, 187-194 p. 2005.

DE PAULA-FERNANDES, N.M. **Estratégias de produção de sementes e estabelecimento de plântulas de *Mauritia flexuosa* L. f. (Arecaceae) no Vale do Acre, Brasil**. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus/AM, 203p.2001

DURÃES, J. A.; DRUMMOND, A. L.; PIMENTEL, T. A. P. F.; MURTA, M. M.; BICALHO, F.S.; MOREIRA, S. G. C.; SALES, M. J. A. Absorption and photoluminescence of Buriti oil/polystyrene and Buriti oil/poly(methyl methacrylate) blends. **European Polymer Journal**. V. 42, 3324-3332, 2006.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. 2010. Disponível em http://www.cpafr.embrapa.br/media/arquivos/publicacoes/folder_buriti.pdf Acesso em 23 de agosto de 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

EPE - Empresa de Pesquisas Energéticas do Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional**. 2011. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>> Acesso em 14 fev. 2013.

GABRIEL FILHO, A.; SILVA, S. L.; MODOLO, A. J.; DYKSTRA, M. Desempenho operacional de trator em solo com três tipos de Cobertura vegetal. In: Congresso brasileiro de engenharia agrícola, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. 1 CD-ROM.

GABRIEL FILHO, A; LANÇAS, K. P.; LEITE, F.; ACOSTA, J. J. B.; JESUINO, P. R. Desempenho do trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.3, p.333-339, 2010.

GOULDING, M. e SMITH, N. **Palmeiras: Sentinelas para a conservação da Amazônia**. Amazona Conservation Association, Lima, Peru. 358p. 2007

HOLANDA, A. **Cadernos de Altos Estudos - biodiesel e inclusão social**. Câmara dos Deputados:Brasília, 2004.

KNOTHE, G.; GERPEN, J.V.; KRAHL, J.; RAMOS, L.P. **Manual do Biodiesel**. Traduzido do original "The Biodiesel Handbook" por Luiz Pereira Ramos, São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

LABORATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS LIMPAS (LADETEL/USP-RP) **Biodiesel: estratégias para produção e uso no Brasil**. Unicorp, São Paulo, 2005.

LAURO, M. J. **Desenvolvimento de métodos para determinação de número de cetano e aditivo para número de cetano por espectroscopia no infravermelho próximo e infravermelho médio**. 2006. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química. Campinas, SP, 2006; 57 f.

LIMA, L. P.; LOPES, A.; OLIVEIRA, M. C. J.; NEVES, M. C. T. e IAMAGUTI, P. S. Biodiesel em trator agrícola: comportamento operacional em função do tipo e proporções de mistura no diesel de petróleo. **Engenharia na agricultura**, V.21 N.5, p. 447 a 455. Set./Out. 2013.

LLERAS, E. & L. CORADIN. **Native Neotropical oil palms: State of the art and perspectives for Latin America**. Adv. Econ. Bot. 6: 201-213, 1988

LÔBO, I.P.; FERREIRA, S.L.C. Biodiesel: Parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Química Nova**. v. 32, n. 6, p. 1596-1608, 2009.

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

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

LORA,E.E.S **Prevenção e controle da poluição nos setores Energético, Industrial e de Transporte**. 2 edição Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2002

LUZ Jr. G. E.; LIMA, S. H.; MELO, A. C. R.; ARAÚJO, A. S.; FERNANDES Jr.; V. J. Direct synthesis and characterization of LaSBA-15 mesoporous molecular sieves. **Journal of materials Science**, v. 45, p. 1117-1122. 2010

MAGRINI, A., SANTOS, M.A., “O Modelo Brasileiro de Gerenciamento de Recursos Hídricos”. In: Magrini, A., Santos, M.A. (orgs.), **Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas**, Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, pp. 101-113; 2001.

MANTOVANI, E. C.; LEPLATOIS, M.; INAMASSU, R. Y. Automação do processo de avaliação de desempenho de tratores e implementos em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n.7, p.1.241-1.246, 1999.

MARQUES, M.V; SILVA, C.G; NACIUK, F.F; FONTOURA, L.M. (2008). A química, os processos de obtenção e as especificações do biodiesel; **Revista Analytica** (33): 72-87.

MAZIERO, J. V. G.; CORREA, I. M.; TRIELLI, M. A.; BERNARDI, J. A.; D'AGOSTINHO, M. F. Avaliação de emissões poluentes de um motor diesel utilizando biodiesel de girassol como combustível. **Engenharia na Agricultura**, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 287- 292, 2006.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificações**. Piracicaba: FEALQ, 1996. 722p.

MIRANDA, I. P. D. A; RABELO, A. **Guia de Identificação de palmeiras de Porto de Trombetas** – PA. Editora INPA. 2008.

NEVERS, N.; **Air Pollution Control Engineering**, 2nd Ed., Editora McGraw-Hill, 1999

NEVES, M. C. T. **Desempenho operacional e opacidade da fumaça do trator agrícola em função do tipo de biodiesel (Soja x Murumuru) em operação de preparo do solo**. 2012. 76f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2012.

NEVES, M. C. T.; LOPES, A.; LIMA, L. P.; OLIVEIRA, M. C. J.; KOIKE, G. H. A. Desempenho de trator agrícola em função do tipo de biodiesel (soja x murumuru). **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 21, n. 4, 2013, p. 251-260.

OLIVEIRA, M. C. J. **Biodiesel de mamona em trator: desempenho em função do período de armazenamento e da proporção biodiesel/diesel em condição de preparo de solo**. 2012. 82f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2012.

OVAL CORPORATION. K&K DO BRASIL. **Manual do produto e instalação**. São Paulo, 2008.

PACHECO-SANTOS, L. M. Nutritional and ecological aspects of Buriti or Aguaje (*Mauritia flexuosa* Linnaeus Filius): a carotene-rich palm fruit from Latin America. **Ecology of Food and Nutrition** 44: 345-358. 2005

PADULA, A. D.; PLÁ, J. A.; BENEDETTI O.; RATHMANN R.; SILVA L. P. Estudo analítico interdisciplinar de viabilidade da cadeia produtiva do biodiesel no Brasil. **II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel**. Realização: Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha, 2006.

PARK J.Y; KIM D.K; LEE J.P; PARK S.C; KIM Y.J (2008) Blending of biodiesels on oxidation stability and low temperature flow properties; **Bioresource Technology**, 99: 1196–1203.

PASSOS, M. A. B.; MENDONÇA, M. S. **Epiderme dos segmentos foliares de *Mauritia flexuosa* L. f. (Arecaceae) em três fases de desenvolvimento**. Acta Amazônica, v. 36, n. 4, p. 431-436, 2006.

PETROBRAS. **Portal BR: Óleo diesel**. Disponível em: <<http://www.br.com.br>> Acesso em: 20 ago. 2013.

PAULILLO, L. F.; VIAN, C. E. F.; SHIKIDA, P. F. A. E MELLO, F. T. Álcool combustível e biodiesel no Brasil: *quo vadis?* **RER**, Rio de Janeiro, vol. 45, nº 03, p. 531-565, jul/set 2007.

PINTO, A. C.; GUARIEIRO, L. L. N.; REZENDE, M. J. C.; RIBEIRO, N. M.; TORRES E. A.; LOPES, W. A.; PERREIRA, P. A. P.; ANDRADE, J. B. Biodiesel: An Overview. **Journal Brazilian Chemists Society**. 16: 1313, 2005.

QUELHAS, A.D.; BRASIL, N.I.; ARAÚJO, M.A.S.; SOUSA, E.C.M.; **Processamento de petróleo e gás: petróleo e seus derivados, processamento primário, processos de refino, petroquímica, meio ambiente**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

RIBEIRO, B. D. **Aplicação de tecnologia enzimática na obtenção de β -caroteno a partir de óleo de buriti (*Mauritiavinifera*)**. Dissertação de Mestrado do Curso de Tecnologia de processos químicos e bioquímicos. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2008

RUSSINI, A. **Projeto, construção e teste de instrumentação eletrônica para avaliação do desempenho de tratores agrícolas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola. Universidade Federal de Santa Maria, UFSM/RS. 2009

SANTOS, L. M. P. Nutritional and ecological aspects os buriti oraguaje (*Mauritia flexuosa Linnaeusfilius*): a carotene rich palm fruit from Latin América. **Ecology of food and Nutrition**, 44: 345-358. 2005

SARAIVA, A.M. **Tecnologia da Informação na Agricultura de Precisão e Biodiversidade: Estudos e proposta de Utilização de Web Services para Desenvolvimento e Integração de Sistemas**. Tese (Livre Docência). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

SILVA, C. R. da Bioativos Tropicais com Eficácia Comprovada. **Chemyunion.Cosmetics & Toiletries**.v.14, nº 1, jan/fev 2002.

SILVA BENEZ, S. H., SILVA, S. L., LEVIEN, R., SIQUEIRA, R. Força de tração obtida com integrador de força e sistema computadorizado, operando um rolo faca. In: XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 1997, Campina grande. **anais...** Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. CD-ROM.

SORANSO A. M. **Desempenho de um trator agrícola utilizando biodiesel destilado etílico e metílico**. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Paraná –UNIOESTE, Cascavel. 2006

SOUZA, Gustavo Rodrigues. **Avaliação experimental da transferência de calor em fornalha flamotubular utilizando como combustível o biodiesel e óleo diesel**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos – São Carlos, 2005.

SOUZA, T. B. **Revisão da equação de cálculo de índice de cetano para as características do diesel comercializado no Paraná**. 2008. Dissertação de

Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia – PIPE, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008; 142 f.

SUAREZ, P.A.Z.; MENEGHETIL, S.M.P.; MENEGHETTI, M.R. WOLT, C.R. Transformação de triglicerídeos em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: algumas aplicações da catálise na oleoquímica, **Química Nova**, 30, 667, 2007.

TABILE, R. A.; LOPES, A.; DABDOUB, M. J.; CAMARA, F. T.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. Biodiesel de mamona no diesel interior e metropolitano em trator agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.412-423. 2009.

TECNOMOTOR. Tecnomotor Eletrônica do Brasil Ltda., OPACER TM 133 Opacímetro de amostragem. **Manual de Operação**. São Carlos, 2012. Ed. 07/01, 26 p.

TURRIO-BALDASSARRI, L.; BATTISTELLI, C. L.; CONTI, L.; CREBELLI, R.; DE BERARDIS, B.; IAMICELI, A. L.; GAMBINO, M.; IANNACCONE, S. Evaluation of emission toxicity of urban bus engines: Compressed natural gas and comparison with liquid fuels. **Science of The Total Environment**, v. 355, n. 1-3, p.64-77, 2006.

UNESP. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – CÂMPUS DE JABOTICABAL. Departamento de Ciências Exatas: **Estação meteorológica - Dados normais**. 2006. Disponível em: <www.fcav.unesp.br>. Acesso em: 7 ago 2013.

UNESP. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – CÂMPUS DE JABOTICABAL. **Departamento de Ciências Exatas: Estação meteorológica. Dados normais**. 2011. Disponível em: <http://www.exatas.fcav.unesp.br/estacao/est_tab_meteor_01_02.htm>. Acesso em 12 dez. de 2011.

UZUN, A. The effects of intercooling on performance of a turbocharged diesel engine's specific fuel consumption with neural network. **Scientific Research and Essays** Vol. 5 (23), pp. 3781-3793, 4 December, 2010.

VICHI, F. M. ; MANSOR, M. T. C. . Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química Nova** v. 32, p. 757-767, 2009.

ZANATTA, C. F.; MITJANS, M.; URGATONDO, V.; ROCHA-FILHO, P. A.; VINARDELL, M. P. Photoprotective potencial of emulsions formulated with buriti oil

(*Mauritia flexuosa* L.) against UV irradiation on keratinocytes and fibroblasts cell lines. **Food Chemical Toxicology**, v.48, p.70-75, 2010.

ZUH, L.; ZHANG, W.; LIU, W.; HUANG, Z. **Experimental study on particulate and NO_x emission of a diesel engine fueled with ultra low sulfur diesel, RME-diesel blends and PME-diesel blends**. Science of the Total Environment. 408. (2010) 1050–1058