



## DESEMPENHO COMPARATIVO DE UM MOTOR CICLO DIESEL ALIMENTADO COM MISTURAS DE ÓLEO DIESEL E BIODIESEL DE PINHÃO-MANSO

Edney Leandro da Vitória<sup>1</sup>, Pablo Souto Oliveira<sup>2</sup>, Haroldo Carlos Fernandes<sup>3</sup>, Flávio Coutinho Longui<sup>4</sup>, Daniel Mariano Leite<sup>4</sup>

1. Professor Adjunto DCAB/CEUNES/UFES, São Mateus-ES - Brasil  
(edney.vitoria@ceunes.ufes.br)

2. Graduando em Agronomia na Universidade Federal do Espírito Santo

3. Professor Associado DEA/UFV, Viçosa-MG - Brasil

4. Doutorando em Engenharia Agrícola DEA/UFV, Viçosa-MG - Brasil

Recebido em: 04/05/2012 – Aprovado em: 16/06/2012 – Publicado em: 30/06/2012

### RESUMO

A forma de energia alternativa mais atraente tem sido a biomassa, e mais recentemente os óleos vegetais residuais *in natura*. O emprego direto de óleos vegetais em motores de combustão interna, apesar de experimentado desde o advento do motor diesel, ainda é sujeito a muitas discussões. Objetiva-se com este trabalho avaliar o desempenho na tomada potência de um motor agrícola utilizando misturas de óleo diesel (OD) com biodiesel de pinhão-manso (OPM). Foi realizado um estudo de densidade das misturas, comportamento da temperatura do óleo diesel no sistema de alimentação de combustível do motor e análises de viscosidades das misturas. Após as análises, foi verificado por meio de ensaios dinamométricos, o desempenho do motor alimentado com misturas de OD com OPM em diferentes proporções. A potência máxima encontrada, 32,53 kW, foi verificada com a mistura de 25% OD com 75% OPM, porém este valor não foi significativamente diferente do obtido das demais misturas de OPM. As misturas com OPM apresentam maior consumo, em relação ao do OD.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratores, misturas de combustíveis, combustíveis alternativos.

### PERFORMANCE OF DIESEL ENGINE FUELLED WITH MIXTURES OF DIESEL OIL AND BIODIESEL OF *JATROPHA spp.*

#### ABSTRACT

The form of alternative energy more attractive has been the biomass, and most recently the waste vegetable oils and natural. The direct use of vegetable oils in combustion engines, although experienced since the advent of the diesel engine, is still subject to many discussions. The objective of this work was to evaluate the performance in TDP of using mixtures of diesel oil (OD) with biodiesel from jatropha (OPM). A study was conducted density of the mixtures, the behavior temperature of the diesel fuel supply system of the engine and analysis viscosities of the mixtures. The analysis was verified by dynamometer testing, the performance of the engine fueled with blends of OD with OPM in different proportions. The maximum power

found, 32.53 kW, was verified with a mixture of 25% to 75% OPM OD, but this value was not significantly different from that obtained from other mixtures of OPM. The mixtures with a higher OPM consumption compared to the OD.

**KEYWORDS:** Tractors, mixtures fuels, alternative fuels

## INTRODUÇÃO

O petróleo, uma *commodity* energética cotada nas bolsas de futuros, é assentado na competição imperfeita, a qual se encontra regida por uma estrutura mercadológica de oligopólio capaz de influenciar significativamente decisões geopolíticas. Analisando-se o balanço físico entre oferta e demanda, percebe-se que a elasticidade do mercado petrolífero pode comportar-se de distintas formas, dependendo do prazo da análise (MANKIW, 2008).

De fato, a divulgação recente do IEO (2009) permitiu aos observadores e estudiosos do assunto energia, revelações significativas sobre o petróleo no mundo. A revelação, por exemplo, de que se prevê uma queda aguda na projetada futura produção mundial, em comparação com expectativas anteriores e um aumento correspondente da dependência do que costuma ser chamado de “combustíveis não convencionais”, isto é, areias petrolíferas, petróleo ultraprofundo, óleo de xisto e biocombustíveis.

A busca por fontes de energia sustentáveis tornou-se meta fundamental para a sociedade como um todo, face às irreversíveis e negativas mudanças ocorridas no meio ambiente e geradas pelo processo de industrialização e seus desdobramentos, FRIGO et al, (2008)

Em face desse quadro, somada à gradual redução das reservas de petróleo, alternativas produtivas vêm sendo estudadas, visando obter sistemas economicamente viáveis, socialmente justos, ecologicamente adequados e energeticamente equilibrados. Uma destas alternativas é o biodiesel, sendo que, dentre as culturas energéticas apontadas com grande potencial produtivo de óleo para fins combustíveis, a do pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) é a que representa o cenário mais positivo, seja pela alta produção de óleo por hectare, ou mesmo pela não concorrência com outros mercados, como ocorre com outras culturas oleaginosas, FRIGO et al., (2008).

A substituição do óleo diesel por biocombustíveis ou misturas desse com diesel é a questão mais focada atualmente para suprir a escassez dos combustíveis derivados do petróleo e reduzir os níveis de emissão de poluentes gasosos. A autorização do uso de misturas com 2% de biodiesel (B2) pelo governo federal brasileiro é o passo inicial para reduzir o uso de óleo diesel e desencadear ações de pesquisa sobre óleos vegetais.

Segundo COSTA NETO et al., (2000), a avaliação da qualidade carburante de óleos vegetais requer a determinação analítica de, principalmente, seu poder calorífico, índice de cetano, curva de destilação, viscosidade e ponto de névoa.

ANGELO (2006), em ensaio com dinamômetro, verificou que o consumo específico de combustível aumentou com a adição de Biodiesel, entretanto nem sempre resultou em tendência proporcional. SIQUEIRA et al., (2010), em ensaio dinamométrico com várias faixas de rotação do motor, verificaram que acima de B50 houve queda no desempenho e aumento no consumo específico de forma gradual. Observou-se que, em certas faixas de rotação, ocorre combustão

incompleta das misturas devido à má atomização pelo sistema de injeção, que está ligado a características construtivas do motor, e que a faixa de melhor desempenho varia de acordo com as características de cada motor.

BARBOSA et al., (2008) avaliando o desempenho de um motor alimentado com óleo diesel mineral e misturas deste com biodiesel nas proporções equivalentes a B2 (98% de diesel mineral e 2% de biodiesel), B5 (95% de diesel mineral e 5% de biodiesel), B20 (80% de diesel mineral e 20% de biodiesel) e B100 (100% de biodiesel), concluíram que a potência do motor aumentava respectivamente do B100 ao diesel mineral, entretanto, na ordem inversa, a eficiência térmica diminuía do diesel mineral para as misturas crescentes de biodiesel, sendo 4% menor para o B100. O consumo energético diminuía à medida que se aumentava a quantidade de biodiesel misturada ao diesel mineral.

O seguinte trabalho tem o objetivo de avaliar o desempenho de um trator agrícola de pneus utilizando misturas de óleo diesel (OD) com biodiesel de pinhão-mansão (OPM). Determinando a densidade, viscosidade e poder calorífico do biodiesel produzido, efetuar a análise cromatográfica do biodiesel de pinhão-mansão produzido, avaliar o desempenho do motor, trabalhando com misturas de diesel e biodiesel de pinhão manso produzido através de um ensaio na tomada de potência (TDP) determinando as curvas de potência, torque, consumo horário e consumo específico de combustível, em função da rotação do motor, avaliar o desempenho do trator em uma pista de concreto, alimento com biodiesel de pinhão-mansão produzido, através de ensaio na barra de tração (BT), determinando curvas de potência, velocidade, consumo horário e patinagem das rodas motrizes.

## METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (LMA / DEA / UFV). Como combustível serão utilizados o óleo diesel puro (OD) e biodiesel de pinhão manso (OPM), nas seguintes misturas: 0%OD e 100%OPM, 25%OD e 75% OPM, 50%OD e 50% OPM, 75%OD e 25% OPM e 100%OD e 0% OPM. Foi utilizado, no trabalho em questão um trator agrícola de pneus Valmet 65 ID, de potência nominal igual a 63 cv.

O óleo bruto de pinhão-mansão foi cedido pela empresa Nòvabra Energia ES, localizada no município de Colatina-ES. O óleo das sementes fornecidas pela empresa foram extraído em grande quantidade, com hexano, em um aparelho de Soxhlet, sendo posteriormente submetido a dois processos de degomagem, com água e especial, com H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> MARANHOS et al., (1998). As amostras obtidas, óleo degomado com água (ODA) e óleo da degomagem especial (ODE), juntamente com o óleo bruto (OB) foram caracterizadas segundo análises físico-químicas e termogravimétricas.

Para a determinação do consumo específico de combustível foi necessário o conhecimento da densidade das diferentes misturas que foram utilizadas. Foram utilizados: uma proveta com capacidade de 100 mL e precisão de 1 mL, um termômetro com variação de -10°C a 210°C, com resolução de 2°C, e uma balança com capacidade para 1500 g e precisão de 0,01g. A determinação iniciou-se com a pesagem do óleo e a medição da temperatura da amostra. As amostras foram pesadas na medida em que se elevava a temperatura, a cada 5°C. A medição teve início com temperatura ambiente ( $\pm 25^\circ\text{C}$ ) até ( $\pm 70^\circ\text{C}$ ).

A viscosidade de cada mistura foi determinada utilizando-se o viscosímetro de

orifício do tipo Saybolt, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, onde foi comparado se os valores atendiam a viscosidade exigida pela Portaria ANP nº 310 de 2001.

Para a determinação do poder calorífico do combustível, foi utilizada a bomba calorimétrica pertencente ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa.

O trator utilizado foi acoplado, por meio de um eixo cardã ao dinamômetro de rotação do tipo transmissão montado em berço.

Como combustível foram utilizadas as cinco misturas descritas anteriormente, para a realização dos ensaios, além do dinamômetro também foram utilizados um fluxômetro de combustível com capacidade para 500 mL, um tacômetro digital de contato e um cronômetro digital. As avaliações foram realizadas de acordo com a norma NBR 5484 (1985), e para isto foram utilizadas temperaturas de bulbo úmido, bulbo seco e dados da pressão atmosférica obtidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O ensaio iniciou-se com 10 minutos de funcionamento do motor com óleo diesel puro para aquecimento. Para as misturas com algum percentual de OPM se seguiu mais 10 minutos de funcionamento do motor com a mistura a ser testada sob uma determinada carga. Para o encerramento deixou-se também o motor funcionando novamente com 10 minutos com óleo diesel puro, a fim de evitar formação de gomas e entupimentos. No ensaio foram coletados os dados: rotação do motor, carga aplicada pelo dinamômetro e consumo de combustível. Foram realizadas três repetições para cada mistura de combustível. Os dados foram coletados visando obter os valores da potência, torque, consumo horário e consumo específico de combustível em função da rotação do motor e determinação da reserva de torque. Após coletados os dados foram tabulados com o auxílio de uma planilha eletrônica, convertidos e corrigidos de acordo com a norma NBR 5484 (1985), utilizando a planilha para ensaio na tomada de potência (FERNANDES, 2003).

Para a determinação da potência do motor e elaboração do gráfico em relação à rotação do motor foi utilizada a equação abaixo.

$$P = k \times F \times n \times 0,746$$

em que:

P = potência do motor, kW;

F = carga aplicada pelo dinamômetro, lbf;

n = número de rotações por minuto, rpm;

k = constante do dinamômetro, 0,00025.

Para determinação do torque do motor e elaboração do gráfico em relação à rotação do motor foi utilizada a equação abaixo:

$$T = \frac{60 \times P \times 1000}{2 \times \pi \times n}$$

em que:

T = torque do motor, mN

P = potência do motor, kW

n = número de rotações por minuto, RPM.

Para o cálculo da reserva de torque do motor foi utilizada a equação abaixo:

$$Rt = \frac{T_{Max} - T_{Pot.Max}}{T_{Pot.Max}} \times 100$$

em que:

Rt = Reserva de torque %;

Tmax = Torque Maximo mN;

TPot. max = Torque relativo à potencia máxima, mN.

Para a determinação do consumo horário de combustível do motor e elaboração do gráfico em relação à rotação do motor foi utilizada a equação abaixo:

$$Ch = \frac{60 \times C}{2000}$$

em que:

Ch = consumo horário de combustível, Lh<sup>-1</sup>;

C = consumo de combustível, ml min<sup>-1</sup>.

Para a determinação do consumo específico de combustível do motor e elaboração do gráfico em relação à rotação do motor foi utilizada a equação abaixo:

$$Ce = \frac{Ch \times D}{P}$$

em que:

Ce = consumo específico de combustível, g (kWh)<sup>-1</sup>;

Ch = consumo horário de combustível, L h<sup>-1</sup>;

D = densidade do combustível, g L<sup>-1</sup>;

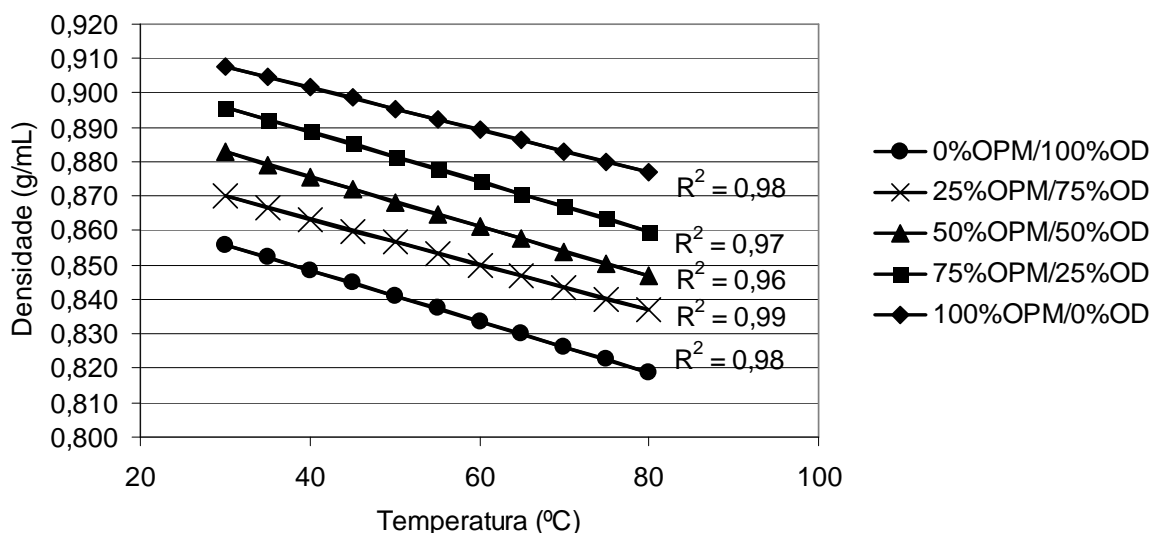
P = potência do motor, kW.

De acordo com a norma NBR 5484 (1985), as cargas (C1, C2, C..., C10) não foram sorteadas e, sim, aplicadas de forma crescente. Desta forma, soube-se qual a ordem de execução das primeiras dez avaliações do experimento, variando as cargas segundo a sequência de 10 a 290 lbf (44,5 a 1.289,9 N), em uma ordem crescente. Sendo assim, o fator mistura foi designado às parcelas e o fator cargas foi designado as subparcelas do experimento. A unidade experimental deste experimento foi composta por um intervalo de dez minutos de funcionamento do motor, submetido a uma das combinações (MiCj) dos fatores, conforme mencionado anteriormente. Durante este intervalo, foram coletados dados das seguintes variáveis: rotação do motor, carga do dinamômetro e consumo de combustível.

Os dados das variáveis coletadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas por teste de Tukey para identificar a mistura que proporciona os melhores resultados nas variáveis de interesse. O nível de significância adotado foi de 5%, com a utilização do programa computacional *Statistical Analysis System*, versão 9.1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As densidades das misturas nas diferentes (30 a 80 °C) misturas foram estimadas por análise de regressão. Os modelos foram lineares e as estimativas das equações podem ser visualizadas na Figura 1.



**FIGURA 1** - Comportamento das densidades das misturas em função da temperatura.

Os valores encontrados das densidades das misturas ficaram na faixa de 0,822 a 0,918 g cm<sup>-3</sup> para temperaturas variando de 30 a 80 °C; observando-se as curvas, percebeu-se que a densidade diminuiu linearmente com o aumento da temperatura, com coeficiente de determinação superior a 96%. O comportamento decrescente obtido com o aumento da temperatura é típico dos fluidos newtonianos. Comportamento semelhante também foi obtido por SIQUEIRA (2010), quando se estudou a densidade óleo de soja reutilizado.

Pode-se verificar, também, que as densidades das misturas aumentaram com o aumento da percentagem de pinhão manso (OPM) e diminuíram com o aumento da temperatura. MARONHAS (2010), na utilização de misturas de óleo de soja reutilizado com óleo diesel em um motor estacionário, constatou que a densidade das misturas aumenta com o aumento da percentagem de óleo de soja (OS) e diminui com o aumento da temperatura.

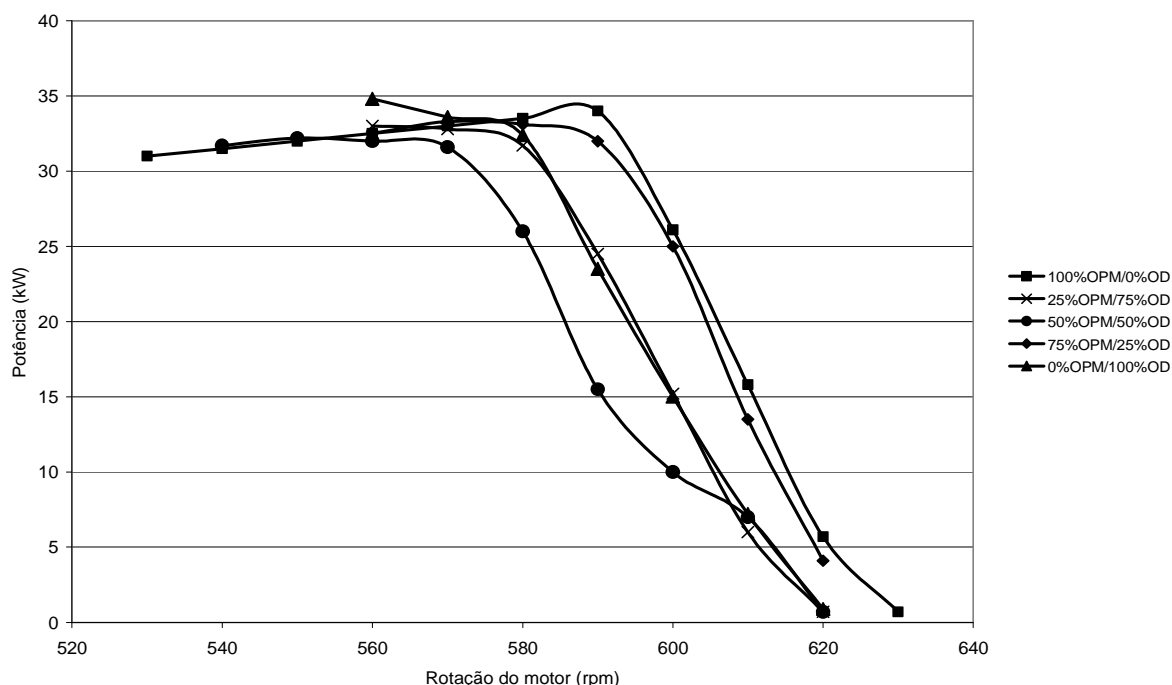
Por meio da análise de regressão, foram determinadas equações para estimar as viscosidades das misturas, em uma faixa de temperatura de 30 a 80 °C (Tabela 1). Para comparação da viscosidade das misturas, utilizou-se, como referência a Portaria ANP 310 (2001), referente à viscosidades do óleo Diesel. A faixa de viscosidade recomendada pela ANP 310 fica entre 2,5 e 5,5 cSt, a 40 °C. Para uma condição de temperatura a 40 °C, nenhuma das misturas utilizadas atendeu à Portaria ANP 310, fato que pode ser explicado por ter o óleo Diesel viscosidade cinemática perto do limite superior estabelecido pela portaria. No caso das misturas aquecidas até 60 °C, a mistura de 25% OPM e 75% OD enquadrou-se na Portaria da ANP. Quando a temperatura foi elevada para 80 °C ocorreu redução na

viscosidade de todas as misturas testadas, atendendo, assim, à faixa de viscosidade exigida pela ANP 310.

**TABELA 1** - Equações geradas para a estimativa da viscosidade (cSt) das misturas

Mistura	Equações de Viscosidade, cSt = f(temperatura, °C)	R <sup>2</sup>
0%OPM/100%OD	7,983430 – 0,062350 x Temperatura	0,99
25%OPM/75%OD	13,29381 – 0,111295 x Temperatura	0,99
50%OPM/50%OD	20,45134 – 0,219321 x Temperatura	0,99
75%OPM/25%OD	37,43237 – 0,399108 x Temperatura	0,99
100%OPM/0%OD	64,29791 – 0,651560 x Temperatura	0,99

Na Figura 2 e na Tabela 2, estão representadas as curvas de potência corrigida, para as diferentes misturas de combustíveis.



**FIGURA 2** -Curvas de potência para diferentes misturas em função da rotação do motor.

**TABELA 2** - Médias de potência (kW) em cada uma das misturas

Mistura	40	138	291	410	581	735	888	1011
0%OPM	1,15 <sup>ns</sup>	3,79 <sup>ns</sup>	7,77 <sup>ns</sup>	12,00 <sup>ns</sup>	17,10 <sup>ns</sup>	20,03 <sup>ns</sup>	24,00 <sup>ns</sup>	33,00 <sup>ns</sup>
25%OPM	1,15 <sup>ns</sup>	3,81 <sup>ns</sup>	7,81 <sup>ns</sup>	12,03 <sup>ns</sup>	16,90 <sup>ns</sup>	20,00 <sup>ns</sup>	24,21 <sup>ns</sup>	32,18 <sup>ns</sup>
50%OPM	1,15 <sup>ns</sup>	3,81 <sup>ns</sup>	8,07 <sup>ns</sup>	12,01 <sup>ns</sup>	16,41 <sup>ns</sup>	19,51 <sup>ns</sup>	23,90 <sup>ns</sup>	31,19 <sup>ns</sup>
75%OPM	1,15 <sup>ns</sup>	4,00 <sup>ns</sup>	8,24 <sup>ns</sup>	12,40 <sup>ns</sup>	16,45 <sup>ns</sup>	19,44 <sup>ns</sup>	23,81 <sup>ns</sup>	32,53 <sup>ns</sup>
100%OPM	1,23 <sup>ns</sup>	4,18 <sup>ns</sup>	8,40 <sup>ns</sup>	12,45 <sup>ns</sup>	16,52 <sup>ns</sup>	19,61 <sup>ns</sup>	23,91 <sup>ns</sup>	32,07 <sup>ns</sup>

As médias, seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula numa mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

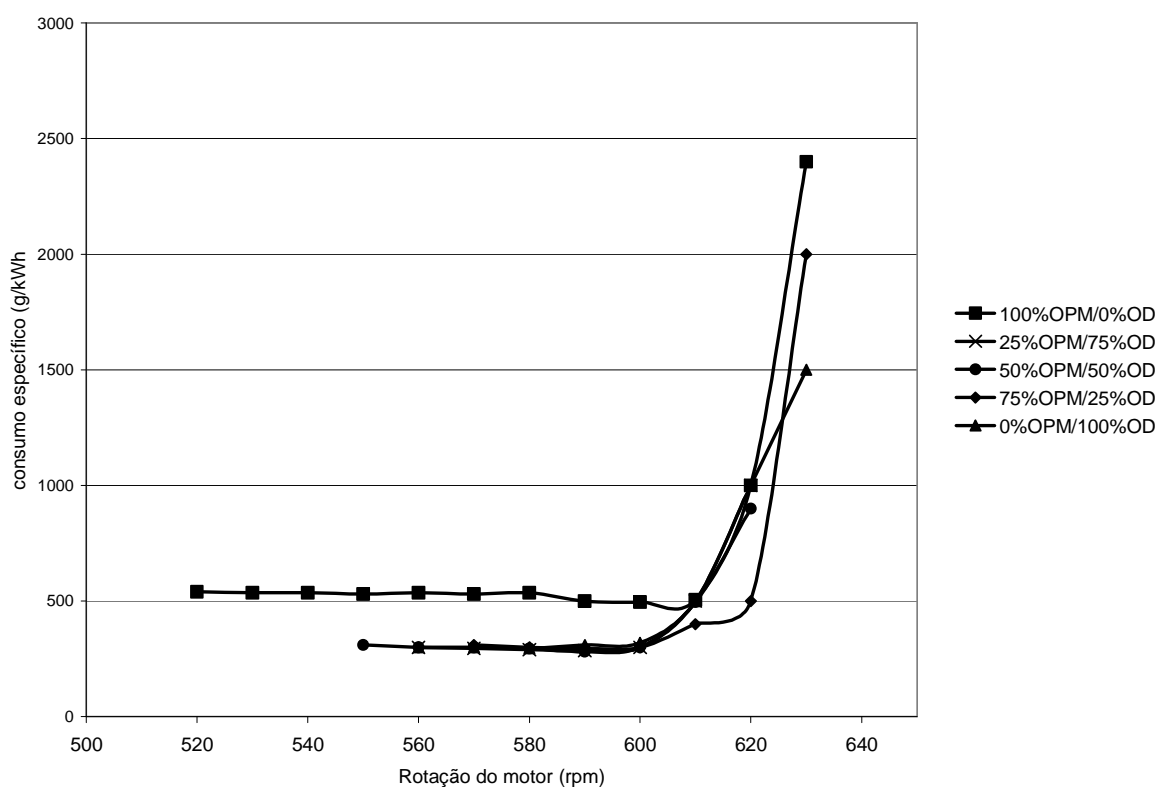
Para a curva de potência, verificou-se que houve interação entre as misturas avaliadas, sendo que a mistura de 50% OD com 50% OPM apresentou menor valor

em relação ao das demais misturas avaliadas. Nas avaliações, a potência máxima encontrada, 32,53 kW, foi verificada na mistura de 25% OD com 75% OPM.

Pode-se perceber que a mudança de combustível provocou variação na potência do motor, sendo que a mistura de 50% OD com 50% OPM obteve, em maior parte, menor potência, comparada com as demais. Já a mistura de 100% OD apresentou, ao longo da curva, valores de potências superiores aos das demais, vindo a decair com o aumento das duas últimas cargas aplicadas, ocasionando, também, redução na rotação da TDP.

Resultado semelhante foi encontrado por MARONHAS (2010), na utilização de misturas de óleo de soja reutilizado com óleo diesel em um motor estacionário em que se verificou que a potência e o torque do motor apresentaram-se maiores para a mistura de 75% OD e 25% OPM. SANTOS (2010) constatou que o aumento da potência e do torque no motor avaliado foi proporcional à adição de óleo de soja refinado na mistura com óleo Diesel, trabalhando em rotações superiores a 2350 RPM.

Na Figura 3 e na Tabela 3, estão representadas as curvas de consumo específico corrigido, para as diferentes misturas de combustíveis.



**FIGURA 3** - Curva do consumo específico para as diferentes misturas em função da rotação do motor.



**TABELA 3** - Médias do consumo específico para diferentes misturas

Mistura	40	138	291	410	581	735	888	1011
0%OPM	1401d	555b	370b	309b	267b	269c	263b	260b
25%OPM	1400d	550b	372b	309b	269b	270c	266b	270b
50%OPM	1438c	560b	393b	315b	270b	381b	277b	290b
75%OPM	1511b	601b	420b	333b	322b	293a	291b	295b
100%OPM	1907a	811 <sup>a</sup>	600a	491a	419a	399a	446a	450a

As médias, seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula numa mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, verificou-se que houve interação significativa no consumo específico de combustível todas as cargas.

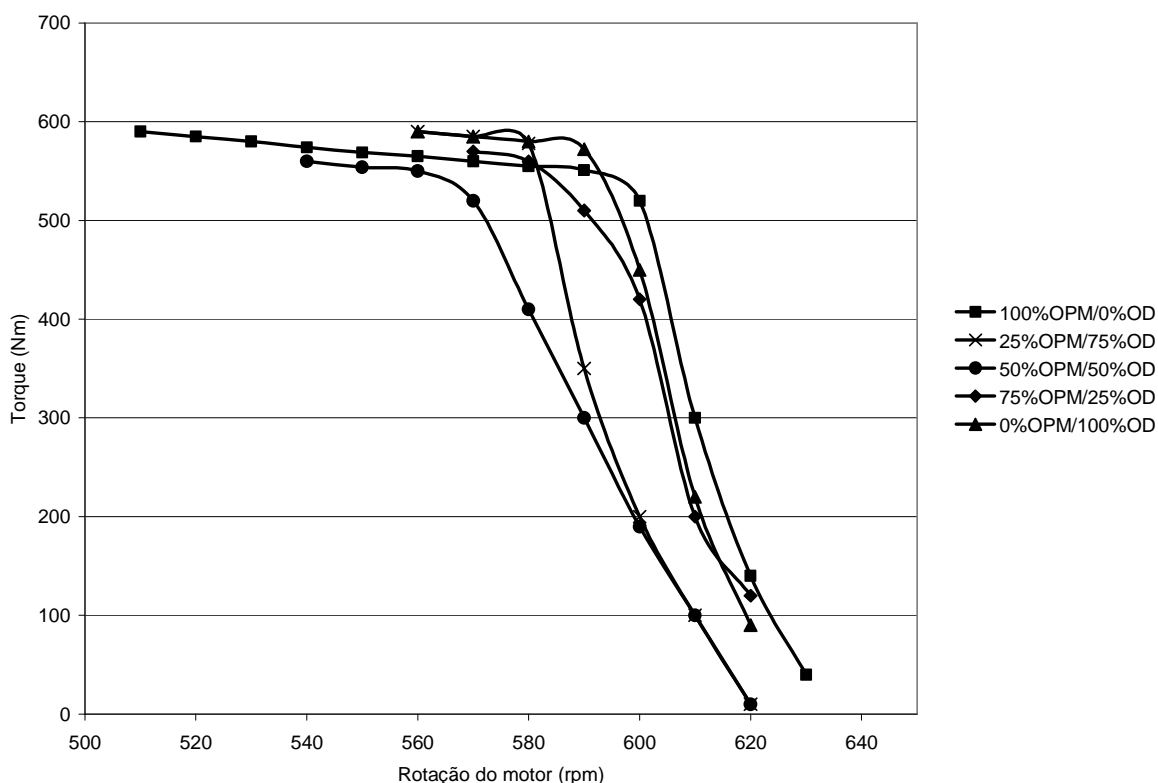
Pode-se perceber, por meio da figura 3, que o menor consumo específico em todas as misturas ocorreu em uma faixa de rotação entre 580 e 600 RPM, para uma carga aplicada a TDP de 888 N. Verificou-se o maior valor encontrado para o consumo específico na mistura de 100% OD com 0% OPM a 586 RPM, utilizando-se uma carga de 888 N. Para essa mesma carga, verificou-se que o restante das misturas não teve diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, apresentando, assim, os menores valores de consumo específico.

Para o consumo específico, observou-se que ocorreram variações, com a adição do OPM, sendo o maior valor encontrado na mistura com 0% OD com 100% OPM, quando se utilizou uma carga de 40 N, correspondente à rotação de 627 RPM. MAZIERO *et al.*, (2005) observaram que a substituição completa do óleo Diesel por biodiesel de óleo de girassol produziu uma redução média de 8,1% na potência do motor, com um aumento de consumo específico da ordem de 8,8%, em média. Resultado semelhante foi observado por SANTOS (2010), trabalhando com óleo refinado de soja para acionamento de motores diesel. O autor verificou um maior consumo específico para as misturas, óleo de soja refinado com óleo Diesel, em comparação com o do óleo Diesel.

Em comparação com o maior torque observado, a mistura de 100% OPM apresentou um torque de 576 Nm, a uma rotação de 515 RPM, e os demais torques apresentaram seu maior valor em rotações superiores a 540 RPM.

A pesquisa de MARONHAS (2010), conduzida com um motor Diesel estacionário, trabalhando com diferentes misturas de óleo Diesel (OD) e óleo de soja reutilizado (OPM), mostrou valores bem próximos aos valores obtidos nos ensaios. Valores da potência e o torque do motor foram maiores para a mistura de 75% OD e 25% OPM, acompanhados de um menor consumo específico. Para a potência e o torque, este aumento foi 24% maior, em ambos, quando comparado com o da mistura de menor potência e torque, 25% OD e 75% OPM.

A variação do torque do motor, de acordo com as misturas, pode ser verificada na Figura 4 e na Tabela 4.



**FIGURA 4** - Curvas de torque para as diferentes misturas em função da rotação do motor.

**TABELA 4** - Médias do torque para diferentes misturas

Mistura	40	138	291	410	581	735	888	1011
0%OPM	18,30 <sup>ns</sup>	59,99 <sup>ns</sup>	126,75 <sup>ns</sup>	195,91 <sup>ns</sup>	263,48 <sup>ns</sup>	327,00 <sup>ns</sup>	395,93 <sup>ns</sup>	455,55a
25%OPM	18,31 <sup>ns</sup>	59,97 <sup>ns</sup>	127,05 <sup>ns</sup>	196,40 <sup>ns</sup>	262,85 <sup>ns</sup>	327,40 <sup>ns</sup>	393,88 <sup>ns</sup>	455,08ab
50%OPM	18,30 <sup>ns</sup>	60,09 <sup>ns</sup>	128,00 <sup>ns</sup>	196,44 <sup>ns</sup>	261,75 <sup>ns</sup>	333,00 <sup>ns</sup>	392,40 <sup>ns</sup>	454,29ab
75%OPM	18,27 <sup>ns</sup>	60,11 <sup>ns</sup>	129,00 <sup>ns</sup>	195,61 <sup>ns</sup>	260,36 <sup>ns</sup>	328,07 <sup>ns</sup>	390,45 <sup>ns</sup>	455,12b
100%OPM	19,42 <sup>ns</sup>	64,44 <sup>ns</sup>	130,40 <sup>ns</sup>	197,02 <sup>ns</sup>	262,23 <sup>ns</sup>	327,41 <sup>ns</sup>	395,84 <sup>ns</sup>	454,83ab

Pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, verificou-se que houve diferença significativa entre as misturas, quando se utilizaram as três últimas cargas: 1.045, 1.192 e 1.290 N.

A mudança de combustível provocou variação no torque do motor, sendo que a mistura de 100% OD com 0% OPM apresentou o maior valor.

Em comparação com o maior torque observado, a mistura de 100% OSR apresentou um torque de 576 Nm, a uma rotação de 515 RPM, e os demais torques apresentaram seu maior valor em rotações superiores a 540 RPM. A pesquisa de MARONHAS (2010), conduzida com um motor Diesel estacionário, trabalhando com diferentes misturas de óleo Diesel (OD) e óleo de soja reutilizado, mostrou valores bem próximos aos valores obtidos nos ensaios. Valores da potência e o torque do motor foram maiores para a mistura de 75% OD e 25% OSR, acompanhados de um menor consumo específico. Para a potência e o torque, este aumento foi 24% maior, em ambos, quando comparado com o da mistura de menor potência e torque, 25%

OD e 75% OS.

### CONCLUSÕES

- As densidades das misturas aumentaram com o aumento da percentagem de OPM e diminuíram com o aumento da temperatura
- Houve interação entre as misturas avaliadas, sendo que a mistura de 50% OD com 50% OPM apresentou menor valor em relação ao das demais misturas avaliadas
- O menor consumo específico em todas as misturas ocorreu em uma faixa de rotação entre 580 e 600 RPM, para uma carga aplicada a TDP de 888 N
- Houve interação entre as misturas avaliadas, sendo que a mistura de 50% OD com 50% OPM apresentou menor valor em relação ao das demais misturas avaliadas. Nas avaliações, a potência máxima encontrada, 32,53 kW, foi verificada na mistura de 25% OD com 75% OPM
- A mudança de combustível provocou variação no torque do motor, sendo que a mistura de 100% OD com 0% OPM apresentou o maior valor
- O OPM se mostrou uma alternativa viável para ser utilizado nas misturas de OD para acionamento de motores.

### REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETROLEO – ANPR (2001). **Portaria ANP nº 310** de 27 de dezembro de 2001. Diário Oficial da União de 28/12/2001.

ANGELO, J. **Análise da influência de diferentes misturas de biodiesel no desempenho e emissões de poluentes de um motor diesel agrícola**. 2006. 159 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BARBOSA, R. L.; SILVA, F. M. DA; SALVADOR, N.; VOLPATO, C. E. S. Desempenho comparativo de um motor de ciclo diesel utilizando diesel e misturas de biodiesel. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1588-1593, set./out., 2008.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S.; ZANGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 531-537, jul./ago. 2000.

FERNANDES, H. C. **Notas de aula de ENG 637 – Ensaio de Máquinas Agrícolas e Florestais**. Departamento de Engenharia Agrícola, UFV. Viçosa. 2003

FRIGO, Michele S.; BUENO, Osmar de C.; ESPERANCINI, Mauro S. T.; FRIGO, Elisandro P.; KLAR Antonio E. Análise energética do primeiro ano do cultivo do pinhão-mansão em sistema irrigado por gotejamento. **Revista Irriga**. Botucatu, v.13, n.2, p.261-271, abril-junho. 2008.

IEA (International Energy Agency), 2009. **New Energy Realities – World Energy Outlook Calls for Global Energy Revolution Despite Economic Crisis**. Paris: IEA Press Release ([http://www.iea.org/textbase/press/pressdetail.asp?press\\_rel\\_id=275](http://www.iea.org/textbase/press/pressdetail.asp?press_rel_id=275))

*acessado em abril de 2012.*

MANKIW, N. G. **Introdução à economia**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MARONHAS, M.E.S. (2010) **Utilização de misturas de óleo de soja reutilizado com óleo diesel em um motor estacionário**. Engenharia na agricultura, 18:390-397.

MAZIERO, J.V.G, Corrêa IM, Trielli MA, Bernardi JAD & Agostini M (2005) Avaliação do desempenho de um motor de ignição por compressão utilizando óleo diesel e éster etílico de óleo de girassol como combustível. **Anais...** CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, Varginha. Anais, Lavras: UFLA. CD-ROM.

SANTOS, G.L (2010) Óleo refinado de soja para acionamento de motores diesel. **Engenharia na Agricultura**, 18:288-296.

SIQUEIRA, R.; GAMERO, C. A.; BOLLER, W. . Energetic balance from biodiesel production of oilseed radish (*Raphanus sativus* L.). In: INTERNACIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 12., 2010, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu. 1 CD-ROM.