



Desempenho dinâmico de um trator agrícola utilizando biodiesel destilado de óleo residual¹

Ana M. Soranso², Antonio Gabriel Filho³, Afonso Lopes⁴, Eduardo G. de Souza³, Miguel J. Dabdoub⁵, Carlos E. A. Furlani⁴ & Felipe T. da Camara⁶

RESUMO

Propôs-se, com este trabalho, avaliar o desempenho dinâmico de um trator agrícola funcionando com biodiesel destilado (50% etílico + 50% metílico) em função das proporções de biodiesel e diesel de petróleo (0 e 100%, 5 e 95%, 15 e 85%, 25 e 75%, 50 e 50%, 75 e 25% e 100 e 0%) respectivamente. O experimento foi realizado na área do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus de Jaboticabal, SP, localizado na latitude 21° 14' 28" S e longitude 48° 17' 12" W. Utilizou-se um trator 4 x 2 TDA com potência de 73,6 kW (100 cv) no motor e um trator de lastro. O biodiesel utilizado foi produzido à base de óleo residual de fritura de alimentos, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com 7 tratamentos e 5 repetições, totalizando 35 observações, e os resultados evidenciaram que a mistura biodiesel e diesel de petróleo influenciou significativamente as variáveis consumo horário volumétrico, consumo horário mássico, consumo de combustível por área trabalhada e consumo específico. Quando o trator operou com 100% de biodiesel (B100) o consumo específico aumentou em média 18% em relação ao diesel (B0).

Palavras-chave: biocombustível, mistura de combustíveis, consumo de combustível

Dynamic performance of an agricultural tractor utilizing distilled biodiesel from spent oil

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the dynamic performance of an agricultural tractor utilizing distilled biodiesel (50% ethylic + 50% methylic) as a function of the proportion of biodiesel and diesel of petroleum (0 and 100%, 5 and 95%, 15 and 85%, 25 and 75%, 50 and 50%, 75 and 25% and 100 and 0%), respectively. This research was done in the area of the Department of Rural Engineering of the Paulista State University (UNESP), Jaboticabal Campus, SP, located in the latitude 21° 14' 28" S and longitude 48° 17' 12" W. A tractor 4 x 2 FWA was used, with a 73.6 kW (100 HP) motor and a ballast tractor. The biodiesel used was produced from spent oil from food frying. The experimental design was entirely randomized, with 7 treatments and 5 repetitions, totaling 35 observations. The results showed that the biodiesel and diesel blend significantly influenced the hourly volumetric consumption, hourly mass consumption, fuel consumption per worked area and specific fuel consumption variables. When the tractor operated with 100% of biodiesel (B100) the specific fuel consumption increased 18% on average in relation to diesel (B0).

key words: biofuel, blend of fuels, fuel consumption

¹ Extraído da dissertação de Mestrado do primeiro autor

² Mestre em Engenharia Agrícola. Rua Professor Osvaldo Lopes 150, Casa 1, CEP 82200-020 Curitiba, PR. Fone (41) 3353 4600. E-mail: amsoranso@yahoo.com.br

³ Depto de Engenharia Agrícola/UNIOESTE. Rua Universitária 2069, CEP 85819-110 Cascavel, PR. Fone (45) 32203199. E-mail: godoy@unioeste.br

⁴ DER/UNESP. CEP 14884-900, Jaboticabal, SP. Fone (16) 3209-2637. E-mail: afonso@fcav.unesp.br

⁵ Depto de Química/USP, CEP 14048-900, Ribeirão Preto, SP. E-mail: dabdoub@biodieselbarsil.com.br

⁶ Pós Graduando do Depto de Engenharia Rural/ UNESP. CEP 14884-900, Jaboticabal, SP. Fone (16) 3209-2637. E-mail: afonso@fcav.unesp.br

INTRODUÇÃO

A maior parte da energia consumida no mundo é obtida a partir da queima de carvão, de gás natural e de derivados de petróleo, como a gasolina, o querosene e o óleo diesel, este último um combustível amplamente utilizado para movimentar ônibus, caminhões e máquinas agrícolas.

Devido ao grande desenvolvimento industrial, econômico e agrícola ocorrido no mundo após a Segunda Guerra Mundial e o estabelecimento de padrões de consumo cada vez mais intensos, a demanda energética elevou-se a tal ponto que coloca em risco grande parte do modelo de produção contemporâneo dependente, basicamente, de uma única fonte de energia: o petróleo.

Considerando-se que há previsões de escassez das reservas petrolíferas mundiais, torna-se urgente encontrar um substituto para os combustíveis de origem fóssil que, atualmente, são indispensáveis para a geração da energia necessária ao desenvolvimento econômico e para movimentar as máquinas agrícolas.

O Brasil, por ser um país com grande extensão territorial e devido à sua natureza agrícola, apresenta grande potencial de uso e de recursos naturais que podem ser aplicados para gerar energia e substituir as fontes energéticas convencionais.

As fontes alternativas que despertam, hoje, maior interesse dos pesquisadores, são os combustíveis de origem vegetal, como o álcool e, mais recentemente, o biodiesel, que apresenta características importantes, como a produção a partir de diversas matérias-primas como o amendoim, a colza, o dendê, o girassol, a mamona e a soja, entre outros; outra alternativa interessante para a produção de biodiesel é o uso de óleos vegetais residuais, como o óleo utilizado em fritura de alimentos, contribuindo para a reciclagem desse subproduto, que necessita de uma solução ambiental para não ser lançado diretamente no solo ou na rede de esgotos, poluindo solo e água. Segundo Costa Neto et al. (2000), estima-se que na cidade de Curitiba, PR, e sua região metropolitana, são descartadas cerca de 100 toneladas por mês desse subproduto no meio ambiente. Rabelo (2001) afirma que, diante da necessidade da reciclagem de resíduos e da crescente escassez do petróleo, o óleo de frituras usado contribui como combustível alternativo de excelentes qualidades. Testes com biodiesel de óleo residual de fritura foram realizados no sistema de transporte coletivo da cidade de Curitiba, na proporção de 80% óleo diesel e 20% biodiesel, o ônibus circulou em condições normais de trabalho, apresentando desempenho semelhante ao do uso diesel convencional (Zagonel et al., 1999; Zagonel, 2000; Zagonel et al., 2000). Grotta (2003) testou um biodiesel do tipo etílico filtrado de óleo residual em trator agrícola, em operação de gradagem e observou que o uso de biodiesel até a proporção de 50% de mistura não alterou o consumo específico porém, quando o trator funcionou com 100% de biodiesel, o consumo aumentou em 11%. Peterson et al. (1996) e Camara (2004) também observaram aumento no consumo específico quando realizaram pesquisas com o biodiesel.

Reis (2004) comparou o consumo de combustível de um trator agrícola funcionando de maneira alternada com bio-

diesel filtrado e biodiesel destilado, em operação de semeadura-direta, constatou que o tipo de biodiesel, filtrado ou destilado, não influenciou no consumo específico de combustível; entretanto, o incremento de biodiesel na mistura fez com que o consumo específico aumentasse a partir de B50 até B100.

Objetivou-se, através do presente trabalho, avaliar o desempenho dinâmico de um trator agrícola em função da proporção de mistura dos combustíveis, diesel de petróleo e biodiesel destilado (50% etílico + 50% metílico), à base de óleo residual de fritura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, SP, em área do Departamento de Engenharia Rural. A localização geográfica está definida pelas coordenadas 21° 14' 28" S e 48° 17' 12" W, com altitude média de 559 m, declividade média de 4%, clima tipo Cwa (subtropical) de acordo com a classificação de Köppen e pressão atmosférica de 942,4 kPa.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Eutroférrico típico, relevo suave ondulado, por Andrioli & Centurion (1999), conforme o sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 1999). No momento da realização dos testes os teores de água do solo se encontravam em 13,3, 12,9 e 12,3% para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, respectivamente.

O presente estudo foi realizado em sistema de comboio com dois tratores, cujo esforço na barra de tração foi semelhante a uma escarificação a 30 cm de profundidade, com escarificador da marca Marchesan, modelo AST/MATIC de arrasto, com 5 hastes, ponteira sem asa com 8 cm de largura, equipado com rolo destorroador; esta operação teve como objetivo principal obter a força média na barra de tração devido à grande variabilidade da resistência específica do solo.

Utilizou-se, para tracionar o escarificador, um trator instrumentado, conforme descrito por Lopes et al. (2003), da marca Valtra, modelo BM 100, 4 x 2 TDA, com potência de 73,6 kW (100 cv) no motor; durante os ensaios o trator trabalhou em rotação máxima correspondente a 2350 rpm; após se determinar a força média desse equipamento, ele foi substituído por um trator de lastro, modelo Valtra BH 140 4 x 2 TDA, com potência de 103 kW (140 cv) no motor a 2350 rpm, o qual fornecia resistência uniforme na barra de tração do trator de teste, durante todo o experimento.

O biodiesel utilizado no ensaio foi do tipo destilado, sendo o B100 (biodiesel puro) resultante de uma mistura de 50% metílico e 50% etílico, produzido à base de óleo residual de frituras, proveniente do Restaurante Universitário da FCAV - UNESP, Jaboticabal. O processo de produção e fornecimento do biodiesel ficou a cargo do LADETEL - Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas da USP - Ribeirão Preto, em um sistema de parceria com a UNESP de Jaboticabal, desde o ano de 2001.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 7 proporções de mistura de biodiesel e diesel (B0, B5, B15, B25, B50, B75, B100,) e 5 repetições, totalizando 35 observações. Cada parcela experimental ocupava uma área de 39 m² (20 x 1,95 m) e, entre as parcelas, na direção longitudinal, foi reservado um espaço de 15 m destinado à realização de manobras, tráfego de máquinas e para estabilizar as determinações em cada tratamento; já para a determinação da velocidade de deslocamento se usou uma unidade móvel de radar do tipo RVS II, instalada na lateral esquerda do trator; considerou-se velocidade real de deslocamento aquela obtida pelo radar no momento em que o trator de teste tracionava o trator de lastro. Selecionou-se uma marcha cuja velocidade média foi de 6,2 km h⁻¹. A determinação da força de tração na barra foi obtida por meio de uma célula de carga M. Shimizu, modelo TF400, colocada entre a barra de tração do trator de teste e o trator de lastro. A capacidade de campo operacional foi determinada em função da largura de trabalho real do escarificador, da velocidade real de deslocamento e da eficiência de campo do escarificador que, segundo Balastreire (1987) é de 75%. O consumo horário de combustível foi obtido por meio de equipamento descrito por Lopes et al. (2003). Com base no volume consumido, determinou-se o consumo em volume e mássico; para o cálculo do consumo horário mássico e do consumo específico foi necessário determinar a densidade do combustível em função da temperatura e da proporção de biodiesel, em uma amplitude de 10 a 70 °C, em intervalos de 5 °C, expressa conforme Eq. (1):

$$D = 847,6363 - 0,6659T + 0,1769P \quad (1)$$

em que:

D – densidade da mistura diesel e biodiesel, g L⁻¹

T – temperatura do combustível, °C

P – proporção de biodiesel, %

R² – coeficiente de determinação da regressão, 0,9922

Determinou-se o consumo horário volumétrico pela Eq. (2):

em que:

$$Chv = \frac{C \times 3,6}{t} \quad (2)$$

Chv – consumo horário volumétrico, L h⁻¹

C – volume consumido na parcela, mL

t – tempo de percurso na parcela, s

3,6 – fator de conversão de mL s⁻¹ para L h⁻¹

Para determinar o consumo horário mássico, utilizou-se a Eq. (3):

$$Chm = \frac{(Veb \times Dceb - Vr \times Dcr)}{t} \times 0,0036 \quad (3)$$

em que:

Chm – consumo horário mássico, kg h⁻¹

Veb – volume que entrou na bomba injetora, mL

Dceb – densidade do combustível na entrada da bomba injetora, g L⁻¹

Vr – volume de retorno, mL

Dcr – densidade do combustível de retorno, g L⁻¹

t – tempo de percurso na parcela, s

0,0036 – fator de conversão de mL s⁻¹ para L h⁻¹

O consumo específico foi calculado conforme a Eq. (4):

$$CE = \frac{Chm}{PB} \times 1000 \quad (4)$$

em que:

CE – consumo específico, g kW h⁻¹

Chm – consumo horário mássico, kg h⁻¹

PB – potência na barra de tração, kW

1000 – fator de conversão de kg para g

Para determinar o consumo por área, utilizou-se a Eq. (5):

$$CA = \frac{Chv}{CCO} \quad (5)$$

em que:

CA – consumo por área, L ha⁻¹

CCO – capacidade de campo operacional, ha h⁻¹

Chv – consumo horário volumétrico, L h⁻¹

Determinou-se, então, o rendimento efetivo na barra de tração, pela Eq. (6):

$$REB = \frac{360000}{H_M \times CE} \quad (6)$$

em que:

REB – rendimento efetivo na barra de tração, %

H_M – poder calorífico da mistura diesel e biodiesel, MJ kg⁻¹

CE – consumo específico, g kW h⁻¹

O poder calorífico inferior de cada proporção de mistura foi calculado pela Eq. (7):

$$H_M = BX \times H_B + (1 - BX) \times H_D \quad (7)$$

em que:

H_M – poder calorífico da mistura diesel e biodiesel, MJ kg⁻¹

BX – proporção de biodiesel na mistura, adimensional

H_B – poder calorífico inferior do biodiesel, MJ kg⁻¹

H_D – poder calorífico inferior do diesel, MJ kg⁻¹

Considerou-se poder calorífico inferior do diesel o valor de 42,6 MJ kg⁻¹, conforme relatado por Souza & Milanez (1994). Para o biodiesel, que apresenta poder calorífico 3 a 4% menor, foi utilizado o valor de 41,1 MJ kg⁻¹.

Para gravar e armazenar os sinais gerados pelos sensores instalados no trator, utilizou-se de sistema de aquisição de dados do tipo “micrologger” da Campbell Scientific, modelo CR23X. Os dados obtidos foram tabulados e submetidos ao teste de normalidade; em seguida, realizaram-se a análise de variância e o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para comparação entre médias, conforme recomendação de Gomes (1987).

Lançou-se mão da análise de regressão linear das variáveis analisadas em função das proporções de mistura (diesel x biodiesel), e também do teste “t” de Student, para verificação da significância do coeficiente angular da reta ajustada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consumo horário volumétrico

Pelos resultados apresentados na Tabela 1, observa-se que o consumo horário volumétrico foi semelhante para as proporções de misturas de B0 a B50, com B0 diferente estatisticamente de B75 e B100, sendo que B75 foi semelhante a B5, B15, B25, B50 e B100. O aumento das porcentagens de biodiesel fez com que o consumo aumentasse 15,5%, passando de 12,9 (B0) para 14,9 L h⁻¹ (B100). Tal comportamento concorda com os resultados obtidos por Lopes et al. (2004), Rabelo (2001) e Reis (2004).

O comportamento do consumo horário volumétrico em função das proporções de mistura (diesel x biodiesel) é apresentado na Figura 1A. Pode-se observar aumento crescente do consumo horário volumétrico com o acréscimo da porcentagem de biodiesel no diesel, fato comprovado pelo coeficiente angular da reta, com valor de 0,0165, o qual se mostrou positivo e significativo para o teste t, a 5% de probabilidade.

Consumo horário mássico

Verifica-se, conforme a Tabela 1, que o consumo horário mássico foi semelhante ao consumo horário volumétrico, apresentando-se semelhante de B0 a B50, com B0 diferindo estatisticamente de B75 e B100, sendo que B75 foi semelhante a B5, B15, B25, B50 e B100. A Figura 1B mostra o ajuste do modelo de regressão linear com base nos valores médios do consumo horário mássico, em função das proporções de mistura (diesel x biodiesel), cujo coeficiente angular da reta, com valor de 0,0165, foi positivo e significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade, comprovando o aumento do consumo horário mássico nas maiores proporções de mistura.

O aumento da porcentagem de biodiesel aplicado ao diesel fez com que o consumo mássico aumentasse 18,1%, passando de 10,5 (B0) para 12,4 (B100) kg h⁻¹; resultados semelhantes foram obtidos por Lopes et al. (2004), Rabelo (2001) e Camara (2004).

Consumo específico

Vê-se, de acordo com a Tabela 1, que o consumo específico foi semelhante de B0 a B50, com B75 diferindo de B0 e semelhante a B5, B15, B25, B50 e B100, sendo B100 semelhante a B25, B50 e B75 e diferente de B0, B5 e B15.

A Figura 1C mostra o comportamento do consumo específico em função das proporções de biodiesel na mistura. O coeficiente angular da reta, com valor de 0,484, foi positivo e significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade, comprovando o aumento do consumo específico com as maiores porcentagens de biodiesel na mistura.

O consumo específico apresentou diferenças significativas com o aumento da porcentagem de biodiesel na mistura, passando de 294(B0) para 347(B100) g kWh⁻¹, representando um aumento médio de 18%, cujo comportamento está de acordo com os resultados obtidos por Lopes et al. (2004) e Reis (2004), em que os autores avaliaram o consumo específico de combustível de um trator utilizando biodiesel filtrado em operação de gradagem e biodiesel destilado em operação de semeadura direta; este aumento de consumo nas maiores porcentagens de biodiesel na mistura pode ser explicado pelo menor poder calorífico do biodiesel em relação ao diesel de petróleo; esta característica também foi observada por Peterson et al. (1996), Hilbert et al. (2005), Grotta (2003) e Camara (2004).

Consumo de combustível por área trabalhada

Conforme a Tabela 1, o consumo foi semelhante de B0 a B50, com B75 diferindo de B0 e semelhante a B5, B15, B25, B50 e B100, sendo B100 semelhante a B25, B50 e B75 e diferente de B0, B5 e B15.

Nota-se, na Figura 1D, que o incremento de biodiesel na mistura (diesel x biodiesel) aumentou o consumo de combustível por área trabalhada, fato este comprovado pelo coeficiente angular da reta, com valor de 0,018, que se mostrou positivo e significativo para o teste t, a 5% de probabilidade.

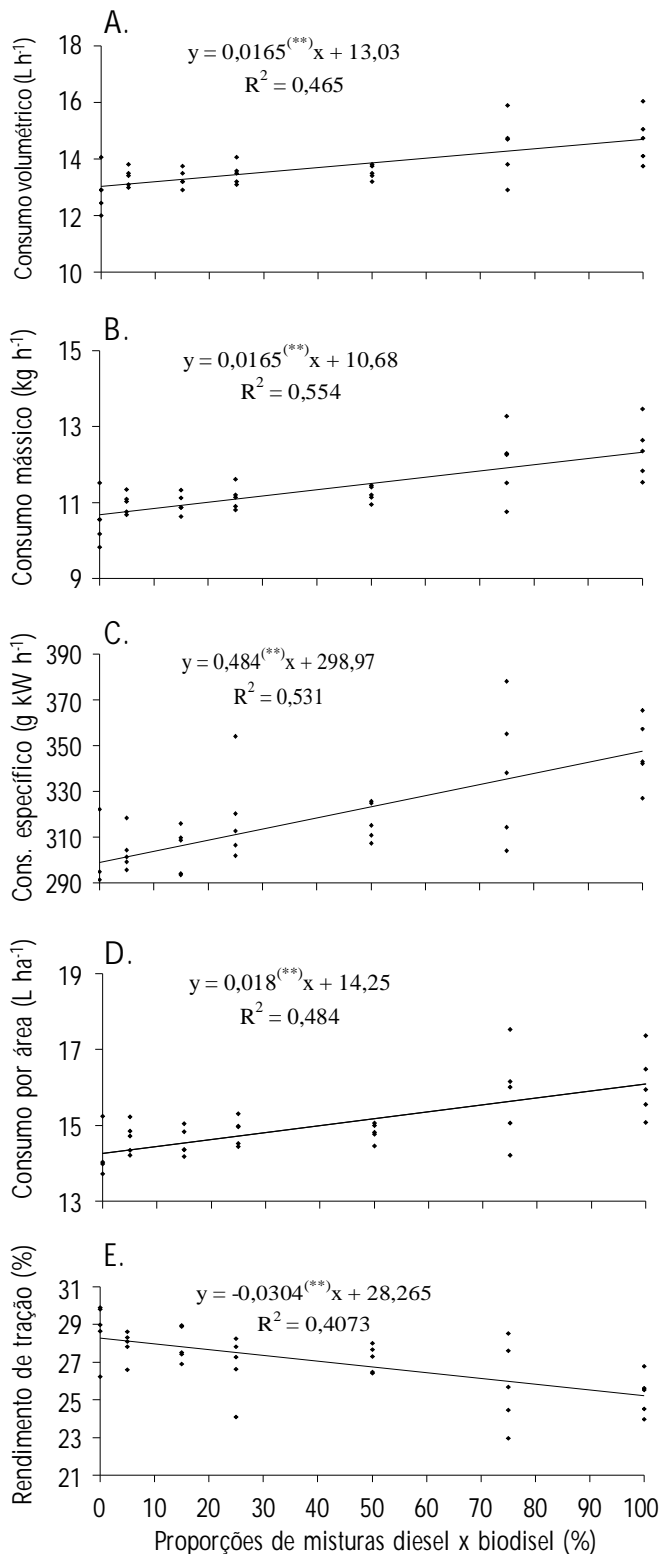
O consumo de combustível por área trabalhada passou de 13,9 (B0) para 16,1 (B100) L ha⁻¹, representando um aumento de 16%; resultados semelhantes foram encontrados por Camara (2004), trabalhando com biodiesel etílico destilado em operação de semeadura direta.

Tabela 1. Síntese da análise de variância e do teste de médias para as variáveis de consumo horário volumétrico, consumo horário mássico, consumo específico, consumo de combustível por área trabalhada, rendimento efetivo na barra de tração, capacidade de campo operacional, força média na barra de tração, velocidade de deslocamento e potência na barra de tração

Tratamentos	Consumo de combustível				Rendimento na Barra de Tração (%)	Capacidade Operacional (ha h ⁻¹)	Força de Tração (kN)	Veloc. (km h ⁻¹)	Potência (kW)
	Volumétrico (L h ⁻¹)	Mássico (kg h ⁻¹)	Específico (g kWh ⁻¹)	Por Área (L ha ⁻¹)					
B0	12,9 A	10,5 A	294 A	13,9 A	28,7 A	0,92 A	20,4 A	6,3 A	35,8 A
B5	13,4 AB	11,0 AB	304 AB	14,7 AB	27,9 AB	0,91 A	20,9 A	6,2 A	36,1 A
B15	13,3 AB	11,0 AB	304 AB	14,6 AB	27,9 AB	0,91 A	20,8 A	6,2 A	36,0 A
B25	13,5 AB	11,1 AB	319 ABC	14,8 ABC	26,8 AB	0,91 A	20,3 A	6,2 A	35,0 A
B50	13,5 AB	11,2 AB	317 ABC	14,8 ABC	27,2 AB	0,91 A	20,5 A	6,2 A	35,4 A
B75	14,4 BC	12,0 BC	338 BC	15,8 BC	25,8 B	0,91 A	20,5 A	6,2 A	35,6 A
B100	14,9 C	12,4 C	347 C	16,1 C	25,3 B	0,91 A	20,5 A	6,2 A	35,6 A
TESTE F	5,66**	6,81**	6,25**	5,56**	3,92**	1,51 ^{NS}	0,83 ^{NS}	0,94 ^{NS}	0,89 ^{NS}
CV %	4,76	4,89	5,41	4,72	5,08	0,63	2,50	0,79	2,53

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

** : significativo (P < 0,01); NS: não significativo; CV: coeficiente de variação

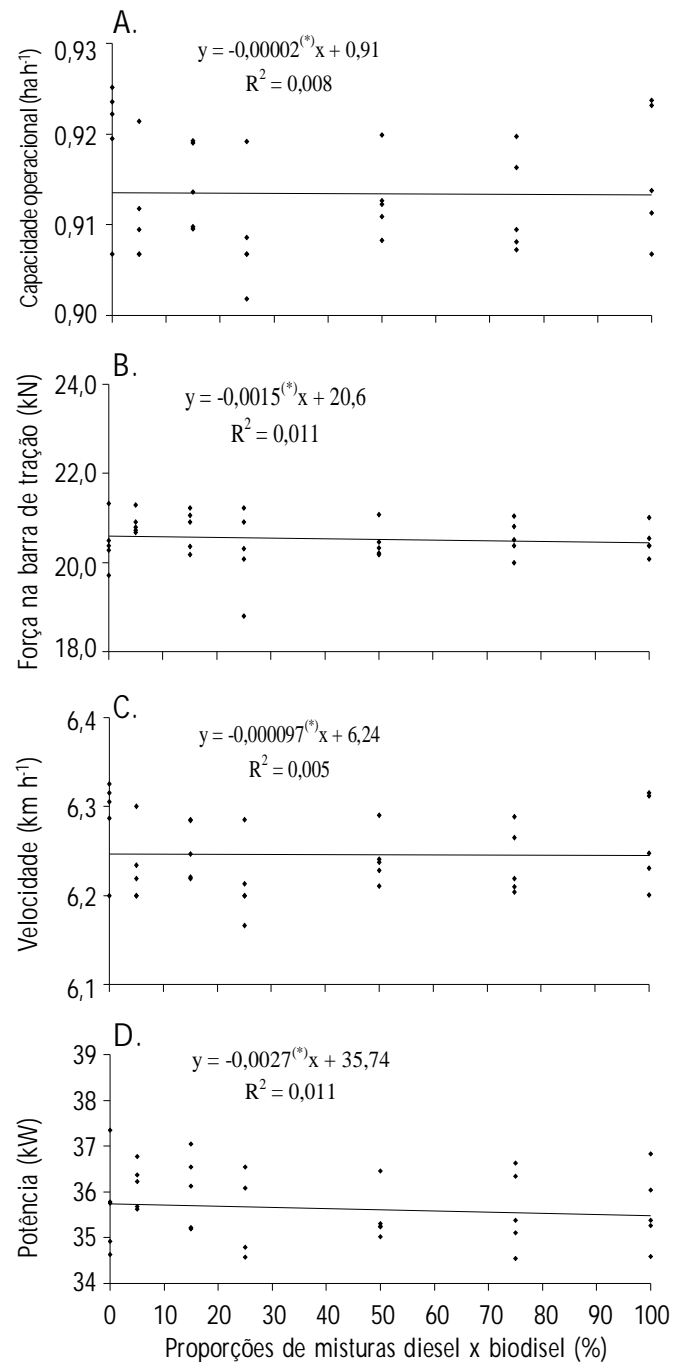


♦ Dados médios observados Regressão linear
(**) significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade

Figura 1. Análise de regressão linear e do teste "t" de Student das variáveis consumo horário volumétrico (A), consumo horário mássico (B), consumo específico (C), consumo de combustível por área trabalhada (D) e rendimento efetivo na barra de tração (E), em função das proporções de mistura (diesel x biodiesel)

Rendimento efetivo na barra de tração

Na Tabela 1 pode-se observar que o rendimento efetivo na barra de tração foi semelhante de B0 a B50, com B75 e



♦ Dados médios observados Regressão linear

(*) não significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade

Figura 2. Análise de regressão linear e do teste "t" de Student das variáveis capacidade de campo operacional (A), força média na barra de tração (B), velocidade de deslocamento (C) e potência na barra de tração (D), em função das proporções de mistura (diesel x biodiesel)

B100 diferindo de B0 e semelhante a B5, B15, B25 e B50. A Figura 1E mostra o comportamento dos valores médios em que o coeficiente angular da reta, com valor de $-0,0304$, foi negativo e significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade, comprovando a diminuição do rendimento efetivo na barra de tração com as maiores porcentagens de biodiesel na mistura, significando uma diminuição da conversão

da energia química do combustível em energia mecânica, na forma de tração.

Capacidade de campo operacional

De acordo com a Tabela 1 e a Figura 2A, a capacidade de campo operacional não foi influenciada pela proporção de mistura, uma vez que o coeficiente angular da reta, com valor de $-0,00002$, não foi significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade. Comportamento semelhante foi observado por Camara (2004).

Força média na barra de tração

Pelos resultados da Tabela 1, vê-se que o requerimento de força de tração na barra não apresentou diferenças significativas, com média geral de 20,6 kN.

A Figura 2B mostra que o coeficiente angular da reta, com valor de $-0,0015$, não foi significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade, comprovando que a força de tração não foi influenciada pela proporção de biodiesel na mistura.

Velocidade de deslocamento

De acordo com a Tabela 1 e a Figura 2C, tem-se que a velocidade de deslocamento não apresentou diferenças entre os tratamentos. O coeficiente angular da reta, com valor de $-0,000097$, não foi significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade, evidenciando que as diferentes misturas de biodiesel destilado e diesel de petróleo não influenciaram esta variável.

Potência média na barra de tração

Pelos resultados apresentados na Tabela 1, verifica-se que a potência média na barra de tração não indicou diferenças significativas entre os tratamentos, demonstrando que o uso de biodiesel não prejudica o desempenho do trator, embora aumente o consumo.

A Figura 2D mostra o comportamento dos valores médios em que o coeficiente angular da reta, com valor de $-0,0027$, calculado para o conjunto de dados, não foi significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade, reiterando a condição de que a potência na barra não foi influenciada pelas proporções de mistura.

CONCLUSÕES

1. A proporção de mistura diesel x biodiesel influenciou as variáveis consumo horário volumétrico, consumo horário mássico, consumo específico e consumo de combustível por área trabalhada.

2. A mistura de biodiesel metílico com biodiesel etílico em proporção igual, não limitou o funcionamento do trator.

3. A utilização do motor com somente biodiesel (B100) representou um aumento de 15,5% no consumo horário volumétrico, 18,1% no consumo horário mássico, 16% no consumo por área trabalhada e 18% no consumo específico de combustível, em relação ao diesel (B0); já o rendimento efetivo na barra de tração diminuiu 14% em re-

lação ao diesel (B0).

4. As variáveis capacidade de campo operacional, força média na barra de tração, velocidade de deslocamento e potência na barra de tração, não foram influenciadas com o incremento de biodiesel na mistura.

LITERATURA CITADA

- Andrioli, I.; Centurion, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária de Jaboticabal. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 27, Brasília, 1999, Anais... Brasília: SBCS, 1999. CD Rom
- Balastreire, L. A. Máquinas agrícolas. São Paulo: Manole, 1987. 307p.
- Camara, F. T. Desempenho de um trator agrícola com biodiesel etílico destilado. Jaboticabal: UNESP, 2004. 54p. Trabalho Conclusão Curso
- Costa Neto, P. R.; Rossi, L. F. S.; Zagonel, G. F.; Ramos, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. Química Nova, v.23, n.4, p.531-537, 2000.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa CNPS, 1999. 412p.
- Gomes, F. P. A estatística moderna na agropecuária. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 167p.
- Grotta, D. C. C. Desempenho de um trator agrícola em operação de gradagem utilizando biodiesel etílico filtrado de óleo residual como combustível. Jaboticabal: UNESP, 2003. 44p. Dissertação Mestrado
- Hilbert, J. A.; Tesouro, M. O.; Aucaná, M. O.; Pincu, M. S. Rendimiento comparativo de biodiesel y gasoil en tractores agrícolas. <http://www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/energia/Biodiesel.pdf>. 15 Mar. 2005.
- Lopes, A.; Furlani, C. E. A.; Mello, J. G. S. Protótipo de sistema instrumental para medição de consumo de combustível em tratores. In: Congresso Brasileiro das Sociedades Brasileiras de Informática Aplicada à Agropecuária e à Agroindústria, 4, 2003. Porto Seguro. Anais... Porto Seguro: Sociedades Brasileiras de Informática Aplicada à Agropecuária e à Agroindústria, 2003. CD Rom
- Lopes, A.; Grotta, D. C. C.; Furlani, C. E. A.; Camara, F. T.; Hurtado, G. R. Biodiesel etílico de óleo residual: consumo de combustível de um trator agrícola em função do percentual de mistura biodiesel e diesel de petróleo. In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 3, 2004, Belém. Anais... Belém: Associação Brasileira de Engenharia Mecânica, 2004. CD Rom
- Peterson, L.; Reece, D. L.; Thompson, J. C.; Beck, S. M.; Chase, C. Ethyl ester of rapeseed used as a biodiesel fuel – a case study. Biomass and Bioenergy, v.10, n.5/6, p.331, 1996.
- Rabelo, I. D. Estudo de desempenho de combustíveis convencionais associados a biodiesel obtido pela transesterificação de óleo usado em fritura. Curitiba: CEFET, 2001. 99p. Dissertação Mestrado

- Reis, G. N. Biodiesel filtrado x biodiesel destilado x diesel: Desempenho de um trator em operação de semeadura direta. Jaboticabal: UNESP, 2004. 42p. Dissertação Mestrado
- Souza, E. G.; Milanez, L. F. Overall efficiency of tractor operating in the field. *Applied Engineering in Agriculture*, v.10, n.6, p.771-775, 1994.
- Zagonel, G. F. Obtenção e caracterização de biocombustíveis a partir de transesterificação etílica do óleo de soja. Curitiba: UFPR, 2000. 70p. Dissertação Mestrado
- Zagonel, G. F.; Costa Neto, P. R.; Ramos, L. P. Obtenção de biodiesel a partir da reação de transesterificação de óleo de soja usado em frituras. In: Congresso Brasileiro de Soja, 1999, Londrina. Anais ... Londrina: CNPS, 1999, p.342.
- Zagonel, G. F.; Ramos, L. P.; Costa Neto, P. R.; Rossi, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja em frituras. *Química Nova*, v.23, n.4, p.531- 537, 2000.