OPACIDADE DA FUMAÇA DE UM TRATOR AGRÍCOLA FUNCIONANDO COM TRÊS FONTES DE BIODIESEL COMO COMBUSTÍVEL

OPACITY OF SMOKE FROM A WORKING FARM TRACTOR WITH THREE SOURCES AS BIODIESEL FUEL

Leomar Paulo de Lima[1]
Carlos Alberto Alves de Oliveira[2]
Priscila dos Santos Pereira[3]
Fabrício Justino da Silva[4]

Resumo

O biodiesel pode ser obtido a partir de óleos vegetais, gorduras animais ou óleos residuais por meio de reação com etanol ou metanol e destaca-se entre as fontes renováveis de energia apontadas como solução para aumentar a segurança no suprimento de energia e minimizar alguns problemas ambientais decorrentes do uso de combustíveis derivados de petróleo. Em crescente uso, faz-se necessário ampliar as matérias primas disponíveis em várias regiões e estudar o efeito destas novas fontes na maquinaria agrícola. O objetivo do trabalho foi comparar a opacidade da fumaça (NBR13037/2001) em um trator agrícola funcionando com biodiesel de soja, murumuru, tucumã e suas proporções no diesel de petróleo, sendo B0, B5, B25, B50, B75 e B100, em que o número indica o percentual de biodiesel no diesel. O experimento foi realizado no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP. O biodiesel de tucumã apresentou menor opacidade da fumaça seguido do murumuru e soja, sendo 53,98%, 53,54% e 26,11%, respectivamente, quando comparado diesel (B0) com biodiesel (B100).
Palavras-chave: Ensaio de tratores. Biocombustíveis. Emissões.

Abstract

Biodiesel can be made from vegetable oils, animal fats or waste oils by reaction with ethanol or methanol, and stands out among the renewable sources of energy as a solution to increase the security of energy supply and minimize some environmental problems arising from the use of petroleum-based fuels. Growing in use, it is necessary to expand the raw materials available in various regions and study the effect of these new sources in agricultural machinery. The aim of the study was to compare the opacity of the smoke (NBR13037 / 2001) in an agricultural tractor running on biodiesel from soybean, murumuru, tucumã and their proportions in diesel oil, and B0, B5, B25, B50, B75 and B100, wherein the number indicates the percentage of biodiesel in diesel engines. The experiment was conducted at the Laboratory of Rural

1-Licenciado em Ciências Agrárias (Doutor em Agronomia), IFTM, Campus Uberlândia-MG, leomar@iftm.edu.br.
2-Professor (Doutor em Eng. Agrícola), IFTM, Campus Uberlândia-MG, carlosoliveira@iftm.edu.br.
3-Aluna (Curso de Eng. Agronômica), IFTM, Campus Uberlândia-MG, priscilasantosiftm@hotmail.com.
4-Aluno (Curso de Eng. Agronômica), IFTM, Campus Uberlândia-MG, fabriciojustinoagro@hotmail.com.

Engineering, Faculty of Agricultural and Veterinary Sciences - FCAV / UNESP, SP. Biodiesel tucumã showed lower opacity of smoke followed murumuru and soybeans, being 53.98%, 53.54% and 26.11%, respectively, when compared diesel (B0) with biodiesel (B100).
Keywords: *Testing of tractors. Biofuels. Emissions.*

1 Introdução

A inserção do biodiesel na matriz energética brasileira possibilita além de auxílios de âmbito ambiental, a criação de empregos no que se diz à sua cadeia de produção, uma vez que agrega valor a matérias-primas, gera empregos e reduz as importações de óleo cru e óleo diesel refinado, entre outros impactos positivos. Outro fator a ser considerado para FARIA *et al*. (2010) é a quantidade expressiva de espécies vegetais que podem servir como matérias-primas para a produção de biodiesel.

BRAUN *et al*. (2003) apostam que com a crescente restrição dos níveis de emissão de material particulado pela legislação de muitos países, os fabricantes de veículos à diesel, tanto de cargas leves quanto de médias e pesadas, estão desenvolvendo métodos afim de reduzir a emissão de particulados, bem como dos outros poluentes provenientes da combustão diesel.

Ensaios de TABILE *et al*. (2009) verificaram que a opacidade da fumaça reduziu com acréscimo de Biodiesel de mamona até B75. Esta redução da opacidade é representativa e favorável ao uso do Biodiesel o que pode ser explicado através da ausência de enxofre na sua composição.

O biodiesel é visto como possível solução para as incertezas e dúvidas do futuro energético, principalmente dos países em desenvolvimento. Devido a grande semelhança com o diesel, em termos de estrutura química e conteúdo de energia, o biodiesel é compatível com os motores diesel, uma vez que não necessita de modificações (LAM *et al*., 2009).

O uso do biodiesel reduz a emissão de poluentes para a atmosfera, assim como a transformação de óleo residual de frituras em combustível, e minimiza o efeito deste sobre o solo e cursos d'água (LOPES *et al*., 2008). O setor agrícola responde por grande parte das emissões de poluentes para atmosfera, uma vez que praticamente todo o sistema depende de combustíveis derivados do petróleo. Segundo relatório do Ministério de Minas e Energia (EPE, 2014), o Brasil consumiu, em 2013, mais de 48 milhões de toneladas equivalente de petróleo de diesel, deste montante, 5,9 milhões (14,25%) foram empregados no setor agropecuário.

BASHA *et al*. (2009) evidenciaram que o uso de biodiesel resulta na redução significativa da emissão de gases do efeito estufa quando se compara a queima deste combustível com o diesel convencional. A utilização do biodiesel de dendê em trator agrícola

resultou na redução de 36,25% da opacidade da fumaça, quando o trator funcionou com biodiesel (B100) em relação ao diesel de petróleo (B0) (LIMA *et al*., 2012).

Para verificar a concentração de material particulado presente na fumaça, utiliza-se a opacidade da fumaça, que indica a cor dessas, normalmente uma fumaça muito escura (preta) é sinal de excesso de combustível (mistura rica), branca usualmente composta de vapor d'água condensada e combustível líquido não queimado e azul composta por gotículas resultantes da combustão incompleta de combustível e/ou lubrificante (TECNOMOTOR, 2012), sendo que quanto mais escura for a fumaça, maiores serão a opacidade e a quantidade de material particulado.

Para avaliar a viabilidade do biodiesel, torna-se fundamental o conhecimento das características do funcionamento das máquinas com o novo combustível ou sua mistura com diesel, as quais podem ser conhecidas através de ensaios de desempenho. O presente trabalho teve o objetivo de avaliar opacidade da fumaça de um trator agrícola funcionando com três fontes de biodiesel (soja, murumuru e tucumã) como combustível e suas proporções de mistura com diesel de petróleo.

2 Material e métodos

O experimento foi conduzido 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, km 5, possui localização geodésica definida pelas coordenadas 21°15' latitude sul e 48°18' longitude oeste, com 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 Köeppen, 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.

Utilizaram-se biodiesel de soja, murumuru e tucumã. 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, Campus de Ribeirão Preto. O óleo diesel interior, classificado de acordo com a resolução da ANP Nº 42, de 16 de dezembro 2009 (ANP, 2009), tendo quantidade de enxofre total máxima de 1.800 mg kg^{-1} e massa específica de 860 kg m^{-3} adquirido na cidade de Jaboticabal – SP.

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 2300 RPM (ISO1585), equipado com motor turbocompressor e *intercooler*.

O ensaio foi realizado de acordo com o método da aceleração livre (NBR 13037/2001), em que o motor é submetido ao regime de rotação, sendo este obtido com o acelerador no seu curso máximo, em que a potência desenvolvida é absorvida somente pela inércia dos componentes mecânicos do motor, uma vez que o trator está estático. As medições de opacidade da fumaça são feitas em K, que é o coeficiente de absorção de luz, e tem como unidade m^{-1} conforme estabelece o manual do fabricante (TECNOMOTOR, 2012).

O delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo os dados analisados em esquema fatorial 6 x 3, com três repetições, totalizando 54 observações. As combinações dos fatores foram seis proporções de mistura biodiesel/diesel (B0, B5, B25, B50, B75 e B100, em que a letra indica à presença de biodiesel e o número a percentagem de biodiesel no diesel) e três fontes de biodiesel Soja (*Glycine max.* L. *Merril*), murumuru (*Astrocaryum murumuru*) e tucumã (*Astrocaryum* aculeatum).

Os dados foram tabulados e submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias de Tukey, a 5% de probabilidade, conforme recomendação de BANZATTO & KRONKA (2006). Utilizou-se da análise de variância para selecionar o modelo de equação de maior expoente significativo e que fosse mais adequado para explicar o comportamento dessas variáveis em função da proporção de biodiesel.

3 Resultados e discussão

Na Tabela 1, encontram-se os resultados da opacidade da fumaça. Devido à interação ocorrida, os dados foram desdobrados e apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 - Síntese da análise de variância e teste de médias para a variável opacidade da fumaça (Opac), em função da fonte de biodiesel e proporção de biodiesel com diesel.

Fatores	**Opacidade**
Fonte de Biodiesel (FB)	**(m^{-1})**
Soja	2,12
Murumuru	1,72
Tucumã	1,60
Proporção de Biodiesel (B_n)	
B0	2,26

B5	2,03
B25	1,97
B50	1,81
B75	1,57
B100	1,25
TESTE F	
FB	1876,9734 **
B_n	1653,4843 **
FB x B_n	92,5877 **
C.V. (%)	**2,91**

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 2 - Síntese do desdobramento da interação fonte de biodiesel e proporção de mistura para a variável opacidade da fumaça (m^{-1}).

Fonte de Biodiesel	**Proporções de Mistura**					
	B0	**B5**	**B25**	**B50**	**B75**	**B100**
Soja	2,26Ab	2,36Aa	2,32Aa	2,16Ac	1,95Ad	1,67Ae
Murumuru	2,26Aa	2,02Bb	1,93Bc	1,70Bd	1,39Be	1,05Bf
Tucumã	2,26Aa	1,72Cb	1,67Cb	1,57Cc	1,36Bd	1,04Be

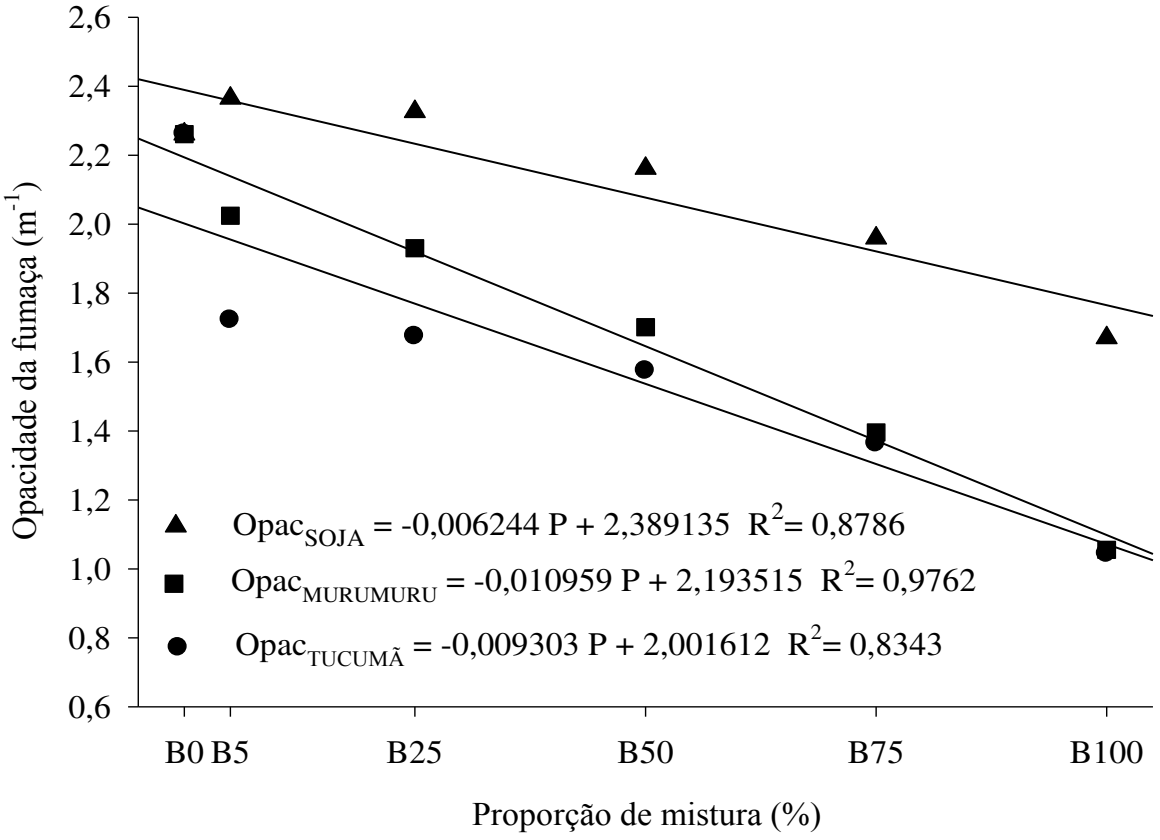
Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 2 (na linha), nota-se que o biodiesel de soja apresentou redução na emissão de particulados quando houve adição de 50% de biodiesel no diesel de petróleo (B50). Comparando diesel (B0) com biodiesel de soja (B100) o decréscimo na opacidade da fumaça foi de 26,1%. O biodiesel de murumuru reduziu a emissão a partir da adição de 5% de biodiesel (B5) no diesel, sendo observada redução de 53,5% na opacidade da fumaça, para o biodiesel de tucumã observa-se resultado semelhante ao biodiesel de murumuru, sendo sua redução de 53,9%, quando comparado B0 (diesel) com B100 (biodiesel). Ainda na Tabela 2, comparando as fontes de biodiesel (na coluna), verifica-se que em todas as proporções o biodiesel de soja emitiu maior material particulado. Comparando fonte de biodiesel, observa-se que, trabalhando com biodiesel de soja, a opacidade da fumaça foi 37,1% e 37,7%, respectivamente, maior que biodiesel de murumuru e tucumã.

Os três biocombustíveis proporcionaram redução significativa na opacidade da fumaça. Esse fato é divido à combustão mais adequada quando se utiliza biodiesel, pois, no referido, há a presença de oxigênio livre na molécula, e, sendo assim, aumenta a eficiência na combustão, resultados semelhantes foram encontrados por NEVES *et al*. (2013) e LIMA *et al*. (2012). Estes resultados, também, reforçam os relatos de DABDOUB *et al*. (2009) de que, as propriedades do biodiesel são fortemente influenciadas pelas características individuais dos ésteres graxos que formam esse combustível. PERES *et al*. (2007) caracterizaram e determinaram poder calorífico e número de cetano de vários tipos de biodiesel através da cromatografia, os autores observaram que a propriedade número de cetano pode variar entre os diferentes fontes de biodiesel, podendo influenciar nas emissões do motor.

Após analisados, os dados da opacidade da fumaça foram ajustados, resultando em um modelo linear para o biodiesel de soja, murumuru e tucumã, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Modelo de regressão para opacidade da fumaça (Opac) em função da fonte e das proporções de mistura de biodiesel com diesel.



4 Conclusões

As proporções de biodiesel no diesel não comprometeu o funcionamento do motor do trator agrícola durante os testes;

Confrontando B0 com B100, a opacidade da fumaça reduziu 53,9, 53,5 e 26,1% quando se trabalhou com tucumã, murumuru e soja, respectivamente. A opacidade da fumaça B100 de tucumã e murumuru foram 37,7 e 37,1%, respectivamente, menor que B100 de soja.

5 Referências

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.

ANP - **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Resolução n.42 de 16 de dezembro de 2009. Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br/nxt/getway.dll/leg/resolucoes_anp/2009/dezembro/ranp%2042%20-%202009.xml#art16>. Acesso em 12 de fev.2012

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

BASHA, S.A., GOPAL, K.R., JEBARAJ, S. A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.13, p.1628–1634. 2009.

BRAUN, S; APPEL, L. G ; SCHMAL, M. A poluição gerada por máquinas de combustão interna movidas à diesel – A questão dos particulados. Estratégias atuais para a redução e controle das emissões e tendências futuras. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 472-482, 2003.

DABDOUB, M.J.; BRONZEL, J.L. RAPIN, M.A. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. Química Nova, São Paulo, v.32, n.3, p.776-792, abril. 2009.

EPE - **Empresa de Pesquisas Energéticas do Ministério de Minas e Energia**. Balanço Energético Nacional..2014. Disponível em: <http://ben.epe.gov.br/BENRelatorio Final2014.aspx>. Acesso em 14 out. 2014.

FARIA, D. I.; PEIXOTO, M.; MORAIS, P.; DE SOUZA, R. B. L. A Utilização de óleo Vegetal Refinado como Combustível- Aspectos Legais, Técnicos, Econômicos, Ambientais e Tributários. **Centro de Estudos da Consultoria do Senado**, 2010 – Discussão n° 73.

LAM, M.K., TAN, K.T., LEE, K.T., MOHAMED, A.R. **Malaysian palm oil: surviving the food versus fuel dispute for a sustainable future**. Renew. Sustain. Energy, v.13, p.1456–1464. 2009.

LIMA, L. P.; LOPES, A.; OLIVEIRA, M.C.J.; NEVES, M.C.T.; KOIKE, G.H.A. Comparativo entre biodiesel de dendê e tucumã no desempenho operacional de trator agrícola. **Engenharia na Agricultura,** Viçosa, MG, v. 20, n. 3, 2012, p. 234-243.

LOPES, A.; SENÔ, M.A.A.F.; CAMARA, F.T.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, R.P.; CORTEZ, J.W. Biodiesel no Brasil: aspectos gerais e síntese da legislação. **Atualidades Jurídicas**, v.1, p.1-19, 2008.

NEVES, M.C.T.; LOPES, A.; LIMA, L.P.; OLIVEIRA, M.C.J.; KOIKE, G.H.A. Desempenho do trator agrícola em função do tipo de biodiesel (soja x murumuru). **Engenharia na agricultura,** Viçosa, v. 21 n. 4, p. 351-360, 2013.

PERES, S.; SCHULER, A.; ALMEIDA, C.H.T.; SOARES, M.B.; CAMPOS, R.; LUCENA, A. Caracterização e Determinação do Poder Calorífico e do Número de Cetano de Vários Tipos de Biodiesel Através da Cromatografia In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília. Anais... Brasília: SETEC/MCT/ABIPTI, 2007. 1 CD-ROM.

TABILE, R.; 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, Sept. 2009.

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

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.