

ANÁLISE SOBRE A VISCOSIDADE DO BIODIESEL

Paulo Henrique Pereira Araújo, e-mail: phaer737@yahoo.com.br¹
Marcelo Bezerra Grilo, e-mail: marcelogrilo@dem.ufcg.edu.br¹
George Carlos dos Santos Anselmo, e-mail: georgeanselmo@yahoo.com.br¹
Boniek Evangelista, e-mail: boniek3@gmail.com¹

¹UFPG, Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB,

Resumo: A introdução de biodiesel ao mercado interno gerará economias significativas para o Brasil, reduzindo importações de combustível diesel, assim como protegendo o meio ambiente e promovendo a inclusão social de milhares de brasileiros. O objetivo deste trabalho foi a determinação da viscosidade cinemática do biodiesel produzido à partir de algodão e de soja, e compará-las com a do diesel de petróleo. Verificou-se que a viscosidade a 40°C do Biodiesel de algodão (5,12 mm²/s) e soja (5,26 mm²/s) ficaram dentro das especificações técnicas da ANP (viscosidade a 40 °C de 3,0 à 6,0 mm²/s), sendo que obtiveram valores mais altos de viscosidade em relação ao diesel (3,98 mm²/s). Em relação à viscosidade a 60°C, foi verificado que o Biodiesel de algodão (3,41 mm²/s) obteve uma diminuição considerável, ficando no limite permitido pela ANP. A partir da informação da faixa de viscosidade aceitável, regulamentada pela ANP, foi possível indicar que misturas de diesel com biodiesel de algodão apresentam viscosidades perfeitamente compatíveis com os limites regulamentados e, portanto, seus usos são completamente possíveis como combustível de geradores e automóveis.

Palavras-chave: biodiesel, viscosidade, energia renovável.

1. INTRODUÇÃO

O governo tem investido no sentido de otimizar o processo de produção e, como também assegurar a qualidade aceitável do Biodiesel. Para tanto, o Brasil, foi criado o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) (Agência, 2004).

A Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) é o órgão que regula as especificações de combustíveis no Brasil. De acordo com a ANP, a adição de óleo vegetal ao Diesel, configura como uma adulteração. Por outro lado, por motivo de redução de custos, certos transportadores da frota brasileira utilizam óleo vegetal misturado ao Diesel em proporções superiores a 50%, após o refino do óleo vegetal para reduzir os problemas causados no bico injetor (Silva, 2007).

Os óleos vegetais aparecem como uma alternativa para substituição ao óleo diesel em motores de ignição por compressão (Dunn et al., 2002; Canakci et al, 1999). Foi constatado, porém, que a aplicação direta dos óleos vegetais nos motores é limitada por algumas propriedades físicas dos mesmos, principalmente sua alta viscosidade e baixa volatilidade, que implicam em alguns problemas nos motores (Ma & Hanna, 1999). Assim, para reduzir a viscosidade dos óleos vegetais é efetuada a reação de transesterificação com etanol ou metanol (Nascimento et al., 2001), promovendo a obtenção de um combustível, denominado *biodiesel*, cujas propriedades são similares às do óleo diesel. O biodiesel pode ser utilizado puro como combustível ou em mistura com o diesel de petróleo. Sua utilização está associada à substituição de combustíveis fósseis em motores de ignição por compressão, sem haver a necessidade de nenhuma modificação no motor.

A maior parte do biodiesel atualmente produzido no mundo deriva do óleo de soja, utilizando metanol e catalisador alcalino (Schuchardt et al., 1998), porém, todos os óleos vegetais, enquadrados na categoria de óleos fixos ou triglicerídeos, podem ser transformados em biodiesel. Fatores como a geografia, o clima e a economia determinam o óleo vegetal de maior interesse para a produção do biodiesel. Além de ser uma fonte de energia renovável, o Biodiesel é biodegradável e não tóxico (Haas et al., 2001; Lue et al., 2001; Bagley et al., 1998), possibilita uma expressiva capacidade de redução da emissão de matéria particulada e gases poluentes causadores do efeito estufa (Meher et al., 2006).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Material

Existe no Brasil grande variedade de oleaginosas que se adaptam à produção do biodiesel, entretanto o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) a início escolheu -se quatro dessas oleaginosas para incentivo à sua produção: dendê, girassol e soja e a mamona.

Para o presente trabalho utilizou-se biodiesel de algodão e soja para as análises de viscosidade. O biodiesel de algodão Fig. (1) a, foi proveniente da usina de biodiesel da empresa Serrote Redondo, em São José do Egito, Pernambuco, conforme fotografia da usina, verificado na Figura (1) b.



(a)



(b)

Figura 1. Biodiesel de Algodão (a) e Usina de Biodiesel da Serrote Redondo, em São José do Egito, PE (b).

Biodiesel de Soja, produzido pela usina de biodiesel de Caetés, Pernambuco. A Figura 2 ilustra a amostra.



Figura 2. Biodiesel de Soja.

Óleo Diesel, de padronização B5 (2010), comprado em posto de bandeira Texaco em Campina Grande, apresentado na Figura 3.



Figura 3. Óleo Diesel S1800.

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO OLÉO DIESEL S1800

Aspecto

- Estado físico: Líquido límpido (isento de material em suspensão).
- Cor: Vermelho intenso (adição de corante conforme legislação).
- Odor: Característico.

Temperaturas específicas

- Faixa de destilação: 100 a 400 °C @ 101,325 kPa (760 mmHg); Método: NBR9619.

Temperatura de decomposição: 400 °C.

Ponto de fulgor: 38 °C Mín.; Método NBR7974.

Densidade: 0,82 - 0,88 @ 20 °C; Método NBR7148.

Solubilidade

- Na água: Desprezível.
- Em solventes orgânicos: Solúvel.

Viscosidade: 2,5 - 5,5 Cst a 40 °C; Método: NBR-10441.

2.2. Viscosidade

A viscosidade pode ser definida como a resistência que um fluido tem ao escoamento. Essa propriedade influencia em diversas maneiras na utilização dos fluidos, como nas formas de transporte dos mesmos, nas temperaturas de trabalho e armazenamento. Em relação à aplicação como combustível, a viscosidade afeta inclusive a atomização para combustão, a cetanagem e a lubrificidade.

A viscosidade cinemática, testada neste trabalho, preocupa-se com a relação entre as forças viscosas e de inércia, e é caracterizada como mostrado na Eq. (1).

$$v = \mu / \rho \quad (1)$$

Onde μ é a viscosidade dinâmica, ρ é a densidade e v é a viscosidade cinemática.

A viscosidade do biodiesel tem se apresentado como um fator que tende a dificultar a sua aplicação comercial em grande escala, pelo fato de que ainda existe um caminho a seguir para que haja uma padronização adequada do biodiesel em relação às suas propriedades.

A grande variedade do tipo e da qualidade das matérias primas utilizadas para produção do biodiesel terminam por trazer diferenças consideráveis nas suas características, dentre elas a viscosidade. O biodiesel de mamona, não ensaiado neste trabalho, não tem conseguido atingir viscosidade próxima à desejável para o uso em motores diesel no mercado, e assim tende a ter dificuldades em ser inserido no mercado (Souza et al, 2005).

2.3. Metodologia do ensaio de viscosidade

O ensaio de viscosidade abordado neste trabalho seguiu as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 10441, recomendadas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2008). Para tanto se utilizou um viscosímetro Saybolt da marca Petrotect, e consistiu em avaliar o tempo que leva um volume de combustível para escoar através de tubos com bico de abertura capilar. Os parâmetros volume de fluido ensaiado, temperatura e diâmetro da abertura do bico são padronizados seguindo a norma ASTM D88-94, que define os procedimentos para ensaio de viscosidade de fluidos em viscosímetros Saybolt, Tabela (1). O método de ensaio de viscosidade foi o Saybolt Universal, utilizando bico de diâmetro de 1/16 polegada.

Tabela 1. Parâmetros para o ensaio de viscosidade em viscosímetro Saybolt, segundo a norma ASTM D88-94.

Saybolt Universal	Redwood N.º 1	Engler	Cinemática
32	30.8	1.14	2.00
35	32.2	1.18	2.69
37	34.1	1.25	3.30
40	36.2	1.32	4.28
43	39.0	1.42	5.20
45	40.6	1.46	5.84
48	42.9	1.54	6.70
51	45.4	1.62	7.60
52	46.2	1.65	7.90
56	49.6	1.76	9.10
58	51.3	1.81	9.70
61	53.7	1.89	10.50
65	57.9	2.00	11.75
66	58.1	2.02	11.90
79	69.7	2.37	15.40
80	71.0	2.42	15.72

O procedimento consistiu dos seguintes passos:

- 1 - abastecimento do compartimento de ensaio com o combustível em estudo;
- 2 - estabelecimento e controle da temperatura em 7 níveis definidos 35 °C, 37,8 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C, 55 °C e 60 °C. Os valores diferentes do padrão pela ASTM D88-94 foram estudados para se definir uma curva de viscosidade e ajudar na comparação entre os combustíveis;
- 3 - Aguardo de 15 minutos para equilíbrio térmico;
- 4 - Abertura do compartimento para o escoamento do combustível através do bico, e simultânea medição do tempo até que a marca padrão no recipiente fosse atingida;
- 5- Foram feitas três medições para cada temperatura.

Para se obter números de viscosidade nas unidades tradicionais Centistokes (cSt) ou mm²/s (SI), pode ser utilizada uma tabela de equivalência de viscosidade, apresentada na Figura (4), que associa o número de Segundos Saybolt Universal com a viscosidade cinemática, em Centistokes. As tabelas e gráficos construídos neste trabalho utilizaram esta tabela para conversão de viscosidade.



Figura 4. Viscosímetro Saybolt Petrotest da UFCG.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram feitas medições para cada temperatura e combustível, constando na Tabela (2) os valores encontrados para o tempo de escoamento (Segundos SSU).

Segundo as especificações técnicas da ANP, portaria N°310, 2001, o biodiesel deve ter: viscosidade a 40 °C de 3,0 à 6,0 mm²/s; índice de acidez até 0,50 mg KOH/g e corrosividade ao cobre máxima de 1 (ANP, 2008).

A viscosidade mede a resistência com que o óleo esco. Quanto mais viscoso for um óleo mais difícil de escorrer, e maior a sua capacidade de manter-se entre duas peças móveis fazendo a lubrificação. A viscosidade dos óleos não é constante, variando com a temperatura, quando esta aumenta, a viscosidade diminui e o óleo esco com mais facilidade. Neste trabalho foram realizados ensaios de viscosidade variando de 35 °C a 60 °C (temperatura mais próxima de um motor Diesel em operação).

Verifica-se na Tabela 3, que a viscosidade a 40°C do Biodiesel de algodão e soja ficaram dentro das especificações técnicas da ANP, sendo que obtiveram valores mais altos de viscosidade em relação ao diesel (3,98 mm²/s). Em relação à viscosidade a 60°C, foi verificado que o Biodiesel de algodão obteve uma diminuição considerável, ficando no limite permitido pela ANP.

Tabela 2. Tempo de escoamento dos combustíveis (Segundos SSU).

Temperatura °C	Segundos SSU		
	Biodiesel de algodão	Biodiesel de Soja	Diesel de Petróleo
35,0	44,67	46,71	42,75
37,8	43,52	44,32	40,08
40,0	42,74	43,20	39,07
45,0	42,23	42,79	37,45
50,0	41,00	39,57	36,64
55,0	37,80	39,42	36,27
60,0	37,34	39,36	35,49

Através da Tabela (3) de equivalência de viscosidade, pode-se chegar aos valores em Centistokes (ou mm²/s) equivalentes aos segundos SSU obtidos nos ensaios.

Tabela 3. Viscosidade Cinemática convertida à partir dos Segundos SSU.

Temperatura °C	Viscosidade(mm ² /s)		
	Biodiesel de algodão	Biodiesel de Soja	Diesel de Petróleo
35,0	5,73	6,33	5,11
37,8	5,37	5,62	4,30
40,0	5,12	5,26	3,98
45,0	4,96	5,19	3,45
50,0	4,59	4,69	3,19
55,0	3,89	4,12	3,08
60,0	3,41	4,07	2,84

Os valores de viscosidade a 40°C observados na Tabela (3), ficaram na faixa aceitável conforme regulamentados pela ANP para o óleo diesel, segundo a portaria Nº 310, de Dezembro de 2001.

Foi possível perceber o aumento de viscosidade do biodiesel de algodão e de soja em comparação ao diesel de petróleo.

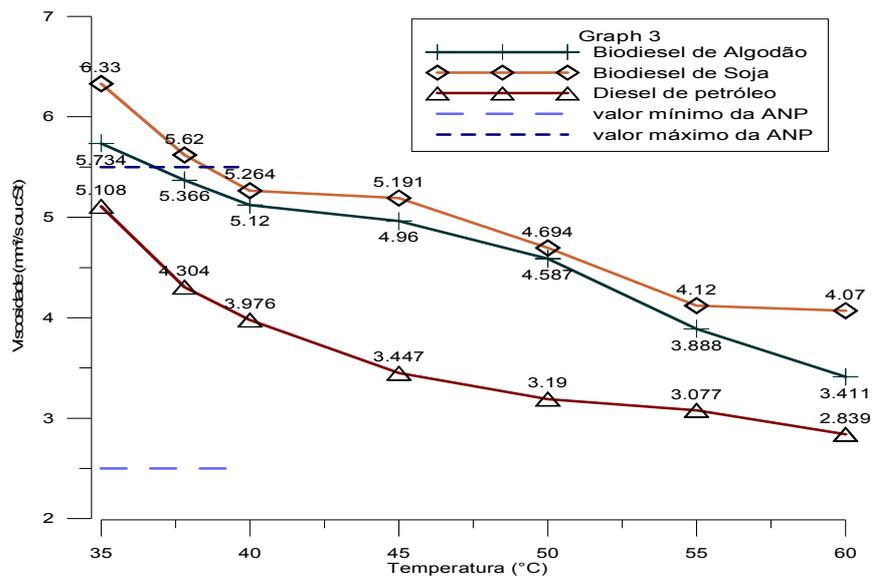


Figura 5. Gráfico da viscosidade dos óleos combustíveis obtida nos ensaios.

Segundo Jitputti et al. (2006) o óleo *in natura* de coco possui uma viscosidade muito elevada, chegando a 24,85 mm²/s, mas quando foi processado e transformado em Biodiesel sua viscosidade atingiu os parâmetros aceitáveis na ordem de 3 mm²/s.

A partir da informação da faixa de viscosidade aceitável, regulamentada pela ANP, foi possível indicar que misturas de diesel com biodiesel de algodão apresentam viscosidades perfeitamente compatíveis com os limites regulamentados e, portanto, seus usos são possíveis em geradores e automóveis.

Com a viscosidade dos óleos analisados é possível utilizá-los como combustíveis, assim como observado por Chierice & Claro Neto (2001).

4. CONCLUSÕES

Após os resultados obtidos neste trabalho, chegamos às seguintes conclusões:

Verificou-se que a viscosidade a 40°C do Biodiesel de algodão (5,12 mm²/s) e soja (5,26 mm²/s) ficaram dentro das especificações técnicas da ANP (viscosidade a 40 °C de 3,0 à 6,0 mm²/s), sendo que obtiveram valores mais altos de viscosidade em relação ao diesel (3,98 mm²/s). Em relação à viscosidade a 60°C, foi verificado que o Biodiesel de algodão (3,41 mm²/s) obteve uma diminuição considerável, ficando no limite permitido pela ANP. A partir da informação da faixa de viscosidade aceitável, regulamentada pela ANP, foi possível indicar que misturas de diesel com biodiesel de algodão apresentam viscosidades perfeitamente compatíveis com os limites regulamentados e, portanto, seus usos são completamente possíveis como combustível de geradores e automóveis.

5. AGRADECIMENTOS

A UFCG, a UAEM e a empresa Serrote Redondo.

6. REFERÊNCIAS

- Agência MCT. Lançado o Programa Nacional de Produção do Biodiesel. 09/12/2004. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115041209>>.
- ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: 02 fev. 2010.
- Canakci, M.; Van Gerpen, J. Biodiesel production via acid catalysis. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, v. 42, n. 5, pp. 1203-1210, 1999.
- Chierice, G. O.; Claro Neto, S. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Ed.). O agronegócio da mamona no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 89-120.
- Dunn, R.O. Effect of oxidation under accelerated conditions on fuel properties of methyl soyate (biodiesel). *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v. 79, n. 9, p. 915-920, 2002.
- Haas, M. J., Mc Aloon; Scott, K. Production of fatty acid esters by direct alkaline transesterification: process optimization for improved economics. Abstracts of the 95 th Annual meeting & Expo, American oil chemist's Society, Champaign, IL, USA, 2004-b.
- Jitputti, J.; Kitiyanan, B.; Rangsunvit, P.; Bunyakiat, K.; Attanatho, L.; Jenvanitpanjakul, P. Transesterification of crude palm kernel oil and crude coconut oil by different solid catalysts. *Chemical Engineering Journal* 116 (2006) 61-66.
- Lue, Y. F.; Yeh, Y. Y.; Wu, C. H.; Environ. Sci. Health, Part A: Toxic/Hazard. Subst. Environ. Eng., 36: 845, 2001.
- Ma, F.; Hanna, M.A. Biodiesel production: a review. *Bioresource Technology*, v. 70, n. 1, p.1-15, 1999.
- Meher, L. C., Vidya Sagar, D., Naik, S. N., Technical aspects of biodiesel production by transesterification-a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.10, pp. 248-268, 2006.
- Nascimento, M.G.; Costa Neto, P.R.; Mazzuco, L.M. Biotransformação de óleos e gorduras. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*. n.19, p. 28-31, 2001.
- Parente, E. J. S. Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Tecbio, 2003, p. 68.
- Souza, L.D., Barros Neto, E.L., Nunes, A.O., Santos, A.G.D E Barbosa, J. B. Avaliação da qualidade físico-química de óleo de mamona e biodiesel fabricados com este óleo. *Anais do XII ENCOPE*, Mossoró, dezembro de 2005.
- Schuchardt, U.; Sercheli, R.; Vargas R.M. Transesterification of vegetable oils: a review. *Journal of Brazilian Chemical Society*, v. 9, n. 1, p.199-210, 1998.
- Silva, G. J. Transporte – Óleo vegetal no motor. *O Carreiro*, v. 392, p 14-17, 2007.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

ANALYSIS OF BIODIESEL VISCOSITY

Abstract. *The introduction of biodiesel to the domestic market will generate significant hard-currency savings for Brazil by reducing imports of petroleum-derived diesel fuel, as well as helping to protect the environment and promoting the social inclusion of thousands of Brazilians. The objective of this work was the determination of viscosity of fuel biodiesel produced from cotton and of soy, and compared with the diesel. It was verified that viscosity (40°C) of the Biodiesel of cotton (5,12 mm²/s) and soy (5,26 mm²/s) had been inside of the specifications techniques of the ANP, being that they had gotten higher values of viscosity in relation to diesel (3,98 mm²/s). In relation the viscosity (60°C), was verified that the Biodiesel of cotton (3,41mm²/s) got a considerable reduction, being in the limit allowed for the ANP. From the information of the band of acceptable viscosity, regulated by the ANP, it was possible to indicate that mixtures of diesel with biodiesel of cotton perfectly present compatible viscosities with regulated limits e, therefore, its uses are completely possible as combustible of generators and automobiles.*

Keywords: *Biodiesel, viscosity, environment.*