

CONSTRUÇÃO DE CURVAS DE TEMPERATURAS PARA A VISCOSIDADE E DENSIDADE DAS BLENDS FORMADAS COM DIESEL MINERAL E BIODIESEL DE COCO, DENDÊ E OURICURI

R. GABRIEL¹, A. K.S. LIMA¹, G. E. S. SANTOS¹, J. I. SOLETTI¹ e S. H. V. de CARVALHO¹, L. MEILI¹

¹ Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia
E-mail para contato: jisoletti@gmail.com

RESUMO – A utilização do biodiesel como combustível vem ocorrendo de maneira gradual incentivado pelo Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (Lei nº 11.097/05). Neste sentido, faz-se necessário conhecer algumas propriedades da mistura do diesel com biodieseis obtidos a partir de diferentes oleaginosas. Neste trabalho, o diesel foi misturado a diferentes biodieseis, produzidos a partir de três óleos vegetais (coco, dendê e ouricuri), em diferentes proporções: B0, B20, B40, B60, B80 e B100. Propriedades fundamentais das misturas, tais como a densidade e viscosidade, foram determinadas, com base nas normas ASTM D664 e ASTM D445, respectivamente, conforme determinação dos parâmetros citados na Resolução da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). As propriedades foram determinadas a diferentes temperaturas: 10, 15, 20, 25, 30, 40, 60 e 80°C. Foi observado que a densidade e a viscosidade da mistura aumentam com o aumento do percentual do biodiesel nas misturas. Com relação a influência da temperatura, essas propriedades diminuem com o aumento da temperatura, para todas as misturas de biodieseis estudadas.

1. INTRODUÇÃO

Na expectativa de diminuir o impacto ambiental causado pela emissão de poluentes gasosos dos combustíveis fósseis, pesquisas têm sido estimuladas para viabilização de fontes de energia renováveis, biodegradáveis, não tóxicas ao meio ambiente e economicamente viáveis. O biodiesel é a alternativa mais promissora para a substituição total ou parcial do diesel a base de petróleo, devido aos seus benefícios ambientais, Al-Hamamre *et al.* (2014).

As vantagens do biodiesel tem incentivado a concepção de novas abordagens para a sua produção e de processamento para se obter um combustível de alta qualidade. Em cumprimento à legislação, atualmente vem sendo utilizado misturas de diesel/biodiesel com o objetivo de diminuir as emissões de dióxido de carbono. A porcentagem de biodiesel presente no diesel é adequadamente designada como “misturas de biodiesel”, atualmente no Brasil o diesel já é comercializado a mistura B5, Souza *et al.* (2013), Hoekman *et al.* (2012), Caires *et al.* (2012). A mistura desses compostos provocam diferenças nas propriedades físico-químicas e, dessa forma, os parâmetros de qualidade do

biodiesel são importantes para os usuários finais, pois podem afetar o desempenho do motor e as emissões de poluentes.

Nesta perspectiva, o estudo das propriedades termodinâmicas de biodiesel torna-se crucial uma vez que fornecem informações estratégicas que permitem estabelecer padrões de qualidade que evitem prejudicar a qualidade das emissões da queima, desempenho e a integridade do motor, assim como a segurança no transporte e manuseio do biodiesel, de modo que suas propriedades estão em conformidade com as normas regulamentares Souza *et al.* (2013), Fernandes *et al.* (2011). No Brasil, a ANP é responsável pela definição de padrões para a certificação da qualidade do biodiesel.

A Viscosidade cinemática e densidade são uns dos parâmetros exigidos pelas normas de biodiesel e combustível diesel, por serem propriedades-chave de combustível para motores à diesel. São capazes de afetar o início da injeção, a pressão de injeção, e a característica de pulverização de combustível, de modo que eles influenciam as emissões de desempenho do motor de combustão e gases de escape. Altas viscosidades e densidades também causam mais problemas em tempo frio, pois elas aumentam com a diminuição da temperatura. A densidade é uma propriedade do combustível fundamental, pois muitas características de desempenho, tais como o número de cetano e valor de aquecimento, estão relacionados com a ela.

Existe, atualmente, uma série de pesquisas e testes voltados à utilização de *blendas* de biodiesel/diesel no Brasil e no mundo, Freitas *et al.* (2014), Fernandes *et al.* (2011), Caires *et al.* (2012).

Diante disto, neste trabalho foram preparadas misturas de biodiesel adicionado ao diesel de petróleo. Avaliou-se a viscosidade e a densidade, pelas normas ASTM D445 e ASTM D664, respectivamente, das misturas: B0, B20, B40, B60, B80 e B100 para o biodiesel produzido a partir do óleo de ouricuri, coco, e dendê caracterizados a partir da determinação dos parâmetros físico-químicos citados na Resolução da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), visando avaliar se as misturas estão em conformidade com esta norma.

2. METODOLOGIA

O biodiesel utilizado foi produzido no Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processos (LASSOP) da Universidade Federal de Alagoas, a partir da reação de transesterificação do óleo de coco, ouricuri e dendê, em uma unidade piloto, composta por um reator encamisado, um agitador mecânico e por um banho termostático. Após a produção e purificação do biodiesel foram realizadas as misturas (*blendas*) diesel/biodiesel, para as concentrações pré-estabelecidas: B0, B20, B40, B60, B80 e B100, e, posteriormente realizados as análises físico-químicas da viscosidade e densidade:

2.1. Análise da Viscosidade para Diferentes *Blends* de Biodiesel

A viscosidade foi determinada de acordo com a NORMA ASTM D445, utilizando um viscosímetro de Ostwald da marca SCHOTT. Em um capilar com constante de 150 cSt/s foram

adicionados cerca de 8 mL de amostra dos *blends* de biodiesel e determinado o seu tempo de escoamento a para as temperaturas de: 20, 25, 30, 40, 60 e 80 °C. Todos os experimento foram realizados em triplicada.

2.2. Análise da Densidade para Diferentes *Blendas* de Biodiesel

A densidade foi determinada de acordo com a norma ASTM D664, utilizando um densímetro digital (modelo DMA 35N, ANTAN PAAR). A amostra das *blendas* de biodiesel foi submetida a temperatura de 10 , 15, 20 , 30 e 40 °C e feita à leitura diretamente no densímetro. O experimento foi realizado em triplicada.

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos por meio dos ensaios experimentais, para cada mistura biodiesel/diesel das diferentes palmáceas estudadas (coco, ouricuri e dendê), serão subdivididos em duas seções, que descrevem o comportamento da viscosidade e densidades das misturas frente à variação de temperatura do meio. Os parâmetros físico-químicos para o biodiesel puro (B100) e suas misturas com diesel de petróleo (B0, B20, B40, B60 e B80) foram estudadas as viscosidades e densidades com emprego das normas ASTM D445 e ASTM D664, respectivamente.

3.1. Análises das Viscosidades

A Viscosidade Cinemática é uma propriedade fluidodinâmica que expressa a resistência oferecida pela substância ao escoamento sob gravidade. Devido à viscosidade indicar a resistência do fluido ao escoamento, o controle dessa propriedade para o biodiesel é importante para garantir funcionamento adequado dos sistemas de injeção e bombas de combustível. A viscosidade também influencia a etapa de combustão, cuja eficiência dependerá da potência máxima desenvolvida pelo motor. Os dados obtidos são apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3:

Pela ASTM D445 a viscosidade cinemática para o biodiesel deve estar entre 1,9 e 6,0mm².s⁻¹ a 40° C e para as *blendas* deve estar entre 1,9 e 4,1 mm².s⁻¹ a 40° C. A viscosidade dos três biodieseis produzidos, forneceram os valores de 2,5482 mm².s⁻¹; 4,2744 mm².s⁻¹ e 2,9592 mm².s⁻¹ para os biodiesel de coco, dendê e ouricuri, respectivamente. Portanto, as viscosidades dos três biodieseis estão de acordo com as normas. Observamos a partir da Figura 1, 2 e 3, que a viscosidade apresenta um comportamento crescente, indicando que a viscosidade aumenta em razão do aumento de biodiesel na composição da mistura. Este é um comportamento esperado uma vez que um líquido mais viscoso tem sua concentração aumentada em uma dada mistura. Observou-se também que as viscosidades das misturas são afetadas diretamente pela temperatura, o viscosidade diminui a medida que a temperatura aumenta. De um modo geral, a viscosidade diminui com o aumento da temperatura e aumenta com a fração de biodiesel na mistura biodiesel/diesel.

Tabela 1 – Viscosidade (mm^2/s) obtida para os blends biodiesel/diesel de Ouricuri.

	B0	B20	B40	B60	B80	B100
25 °C	4,508	4,7173	5,1359	5,3613	5,474	5,5706
30 °C	3,5742	4,0411	4,2665	4,3148	4,3953	4,4275
40 °C	2,7692	3,0429	3,38905	3,34075	3,4776	3,6064
60 °C	1,9803	2,2379	2,34255	2,29425	2,45203	2,4794
80 °C	1,5295	1,5617	1,69855	1,73075	1,77905	1,85955

 Tabela 2 - Viscosidade (mm^2/s) obtida para os blends biodiesel/diesel de Coco.

	B0	B20	B40	B60	B80	B100
20 °C	4,508	5,04413	5,152	5,1681	5,24055	5,313
25 °C	3,8801	4,2665	4,4275	4,4436	4,5563	4,61265
30 °C	3,5742	3,8962	4,0733	4,0894	4,1055	4,1377
40 °C	2,7692	2,9141	3,0107	3,1234	3,2039	3,3166
60 °C	1,9803	2,1896	2,2057	2,2379	2,3184	2,3506
80 °C	1,5295	1,6422	1,72753	1,73075	1,75973	1,771

 Tabela 3 - Viscosidade (mm^2/s) obtida para os blends biodiesel/diesel de Dênde.

	B0	B20	B40	B60	B80	B100
20 °C	4,508	6,075	6,762	7,614	7,857	8,05
25 °C	3,8801	5,1198	6,2694	6,3917	7,128	7,1484
30 °C	3,5742	4,4275	5,2325	5,6028	5,9409	6,3434
40 °C	2,7692	3,1717	3,6225	4,0411	4,5563	5,1037
60 °C	1,9803	2,3184	2,6726	2,898	3,1878	3,4454
80 °C	1,5295	1,7549	2,0447	2,2218	2,3345	2,4955

As Figuras 1, 2 e 3 apresentam os resultados obtidos a partir do estudo das viscosidades das misturas de diesel/ biodiesel das oleaginosas estudadas conforme as concentrações pré-estabelecidas: B20, B40, B60, B80, B100 e diesel.

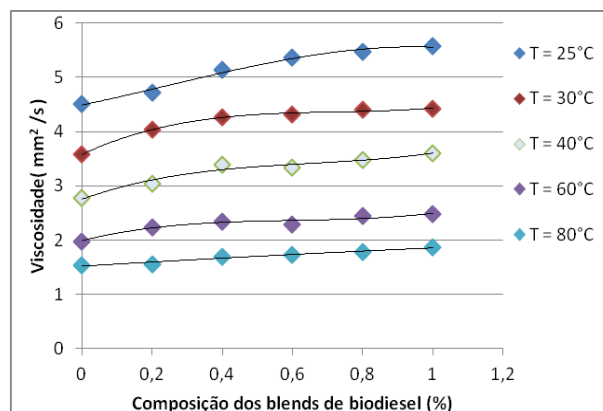


Figura 1 – Curva de viscosidade dos blends de diesel/ biodiesel de ouricuri.

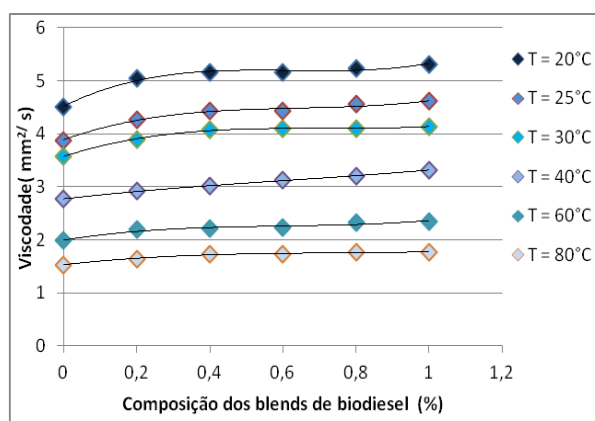


Figura 2 – Curva de viscosidade dos blends de diesel/ biodiesel de coco.

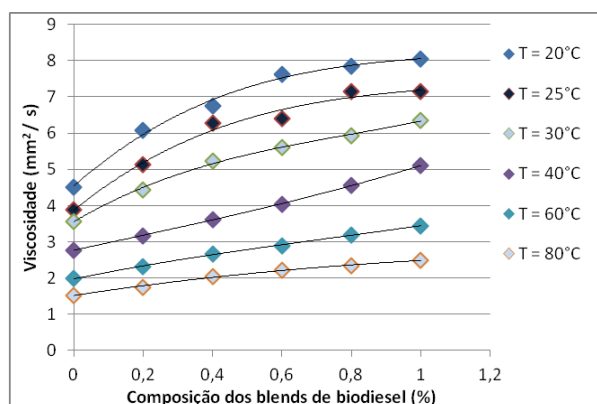


Figura 3 - Curva de viscosidade dos blends de diesel/ biodiesel de dendê.

3.2. Análise da Densidade

A densidade do combustível é uma característica importante, pois de uma maneira geral, influencia a partida e pressão da injeção, além da pulverização do combustível, de modo a interferir no desempenho do motor de combustão e na emissão de gases, pois altas densidades podem gerar fumaça negra e emissão excessiva de material particulado. Os dados obtidos são apresentados nas tabelas 4, 5 e 6:

Tabela 4: Densidade (Kg/m^3) obtida para os blends biodiesel/diesel de Ouricuri.

	B0	B20	B40	B60	B80	B100
15 °C	0,8453	0,8503	0,8583	0,8673	0,87175	0,8807
20 °C	0,8405	0,8464	0,85375	0,8632	0,8679	0,87555
25 °C	0,8388	0,8477	0,854	0,8588	0,8651	0,8705
30 °C	0,8343	0,8432	0,8505	0,8557	0,8615	0,8665
40 °C	0,8269	0,8359	0,8427	0,8483	0,8541	0,8587

Tabela 5: Densidade (Kg/m^3) obtida para os blends biodiesel/diesel de coco.

	B0	B20	B40	B60	B80	B100
10 °C	0,8487	0,85715	0,85805	0,8655	0,8701	0,87315
15 °C	0,8453	0,85345	0,8542	0,8621	0,8666	0,8693
20 °C	0,8405	0,8491	0,8496	0,8574	0,862	0,8645
25 °C	0,8388	0,8452	0,8463	0,8542	0,8575	0,8606
30 °C	0,8343	0,8416	0,8437	0,8504	0,854	0,8574
40 °C	0,8269	0,8371	0,83595	0,8442	0,84715	0,8502

Tabela 6: Densidade (Kg/m^3) obtida para os blends biodiesel/diesel de dende.

	B0	B20	B40	B60	B80	B100
15 °C	0,8453	0,8547	0,862	0,8668	0,8704	0,873
20 °C	0,8405	0,8505	0,858	0,8623	0,8662	0,8694
25 °C	0,8388	0,8448	0,8512	0,8568	0,8619	0,866
30 °C	0,8343	0,8412	0,8472	0,8532	0,8582	0,8622
40 °C	0,8269	0,8337	0,8402	0,8458	0,8506	0,8546

As Figuras 4, 5 e 6 apresentam os resultados obtidos a partir do estudo das viscosidades das misturas de diesel/ biodiesel das oleaginosas estudadas conforme as concentrações pré-estabelecidas: B20, B40, B60, B80, B100 e diesel

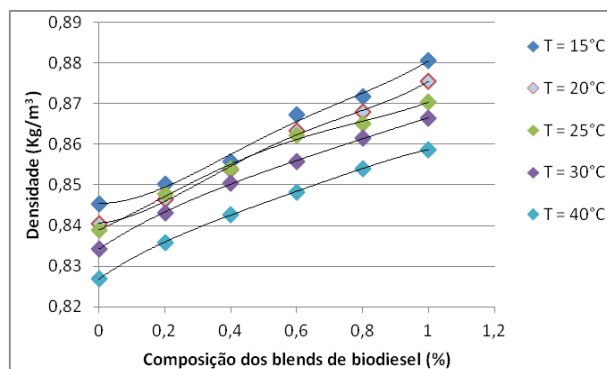


Figura 4 – Curva de densidade para as misturas de diesel/biodiesel de ouricuri.

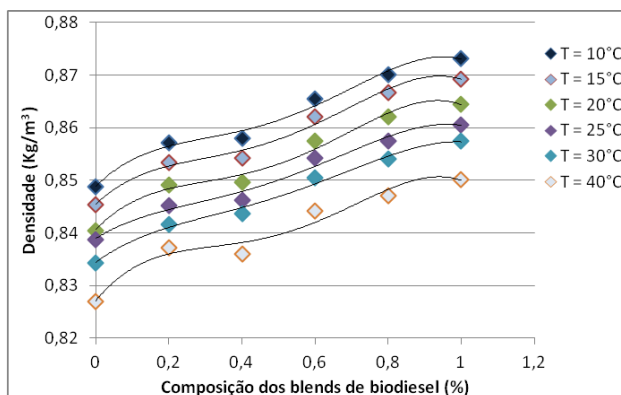


Figura 5 – Curva de densidade para as misturas de diesel/biodiesel de coco

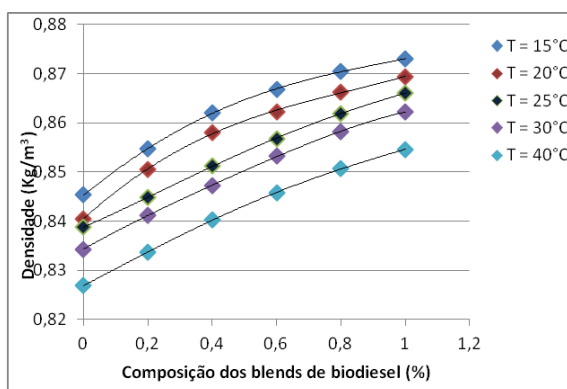


Figura 6 – Curva de densidade para as misturas de diesel/biodiesel de dendê

Analisando-se os resultados e comparando-os com a norma ASTM D664, cuja densidade deve estar entre 0,850-0,900 kg/m³ à 20 °C, nota-se que o B100, que é o biodiesel puro, encontra-se dentro do valor exigido. A densidade do biodiesel de coco, ouricuri e dendê são ligeiramente mais elevadas

que do diesel de petróleo. Portanto, aumentando o percentual de biodiesel nas mistura haverá um consequente aumento da densidade da mistura biodiesel/diesel. Em geral, a densidade de biodiesel é também afetada pelo aumento da temperatura: quanto maior a temperatura menor será sua densidade. A relação ar/combustível e o conteúdo de energia na câmara de combustão são influenciados pela densidade, o que afetaria o desempenho do motor.

4. CONCLUSÃO

A utilização das misturas de biodiesel e diesel vem sendo estudada detalhadamente, pois existem importantes propriedades que afetam o desempenho do motor podendo lhes causar algum tipo de dano. Neste trabalho, realizou-se uma investigação do efeito da temperatura nas análises de viscosidade e densidade para as misturas B0, B20, B40, B60, B80 e B100. Em geral, a viscosidade e a densidade de biodiesel são afetadas pelo aumento do percentual de biodiesel na mistura biodiesel/diesel e pelo aumento da temperatura: quanto maior a temperatura menor será sua viscosidade e densidade.

5. REFERÊNCIAS

- AL-HAMAMRE, Z.; YAMIN, J. Parametric study of the alkali catalyzed transesterification of waste frying oil for Biodiesel production. *Energy Conversion and Management* 79 (2014) 246–254.
- CAIRES, A.R.L.; LIMA, V.S.; OLIVEIRA, S.L. Quantification of biodiesel content in diesel/biodiesel blends by fluorescence spectroscopy: Evaluation of the dependence on biodiesel feedstock. *Elsevier Renewable Energy* 46 (2012) 137-140.
- FERNANDES, D.D.S.; GOMES, A.A.; COSTA, G.B.; SILVA, G.W.B.; VERAS, G. Determinations of biodiesel content in biodiesel/diesel blends using NIR and visible spectroscopy with variable selection. *Elsevier Talanta* 87 (2011) 30-34.
- FREITAS, S. V. D.; SEGOVIA, J.J.; MARTÍN, M. C.; ZAMBRANO, J.; OLIVEIRA, M.B.; LIMA, A.S.; COUTINHO, J.A.P. Measurement and prediction of high-pressure viscosities of biodiesel fuels. *Fuel* 122 (2014) 223–228.
- HOEKMAN, S.K.; BROCH, A.; ROBBINS, C.; CENICEROS, E.; NATARAJAN, M. Review of biodiesel composition, properties, and specifications. *Elsevier Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 143-169.
- SOUZA, J.E.; SCHERER, M. D.; CACERES, J.A.S.; CAIRES, A.R.L.; MPEKO, J.C. A close dielectric spectroscopy analysis of diesel/biodiesel blends and potential dielectric approaches for biodiesel content assessment. *Elsevier Fuel* 105 (2013) 705-710.