

Óleo e azeite de coco babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.) como matérias-primas para produção de biodiesel

João Ferreira da Silva Neto^{1*}; Jose Silva Machado^{1, 8}; Fernando Mendes^{2, 3, 4}; Maria Alexsandra de Sousa Rios⁵; João Carlos da Costa Assunção⁶; Francisco Felipe Maia da Silva⁷; Ana Angélica Mathias Macêdo¹; Cláucia Fernanda Volken de Souza⁸

¹Laboratório de Pesquisa - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - Campus Imperatriz, Av. Newton Belo, S/N, Vila Maria, Imperatriz, MA, Brasil.

²Politécnico de Coimbra, ESTeSC, DCBL, Coimbra, Portugal.

³Universidade de Coimbra, CNC.IBILI Consórcio/Centro de Biomedicina e Biotecnologia Inovadora (CIBB), Celas, Portugal.

⁴Universidade de Coimbra, Instituto de Biofísica, Faculdade de Medicina, Celas, Portugal.

⁵Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Brasil.

⁶Instituto Federal do Ceará, Campus de Maracanaú, Maracanaú, CE, Brasil.

⁷Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Campus Apodi, Apodi, RN, Brasil.

⁸Universidade do Vale do Taquari (Univates), PPGSAS, Brasil.

*joaoneto.eng2018@gmail.com

Fecha recepción: agosto 5 de 2020

Fecha aceptación: diciembre 1 de 2020

Resumo

A utilização de fontes renováveis de energia, como os óleos vegetais, a exemplo o óleo e azeite de coco babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.), apresentam vantagens econômicas e ambientais. Neste cenário, o presente trabalho apresenta a produção e caracterização do biodiesel de óleo e azeite de coco babaçu. Os biocombustíveis foram obtidos por transesterificação alcalina, utilizando-se hidróxido de potássio e metanol. A caracterização foi realizada por infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), viscosidade cinemática, densidade, cinzas sulfatadas, índice de acidez, ponto de fluidez e ponto de fulgor e cromatografia gasosa. De acordo com os resultados, os espectros de FTIR apresentaram absorções características de ésteres, os estiramentos da ligação C=O (1704 cm^{-1} e 1742 cm^{-1}) e C-O (1112 cm^{-1} e 1111 cm^{-1}). Os resultados dos ensaios de viscosidade cinemática, densidade, índice de acidez, ponto de fluidez e ponto de fulgor apresentaram conformidade com os limites estabelecidos pela ANP, Resolução nº 45/2014. A cromatografia gasosa apontou a predominância de ésteres metílicos derivados dos ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0). Desta forma, o óleo e o azeite de coco babaçu se mostraram viáveis para a produção de biodiesel, apresentando-se como potencial matéria-prima para o setor de biocombustíveis, dado o volume expressivo das plantações de babaçuais do estado do Maranhão.

Palavras-chave: Transesterificação; Ponto de fluidez; Cromatografia; Ponto de fulgor.

Cita: Da Silva Neto JF, Silva Machado J, Mendes F, De Sousa Rios MA, Da Costa Assunção JC, Maia da Silva FF, Mathias Macêdo AA, Volken de Souza CF. Óleo e azeite de coco babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.) como matérias-primas para produção de biodiesel. rev. ion. 2021;34(2):95-104. doi:10.18273/revion.v34n2-2021009

Aceite de coco babasú (*Orbignya speciosa* Mart.) extraído industrialmente y manualmente como materia prima para la producción de biodiésel

Resumen

El uso de fuentes de energía renovable, como los aceites vegetales, aceite de coco babasú (*Orbignya speciosa* Mart.) extraído industrialmente y manualmente, tiene ventajas económicas y ambientales. En este escenario, el presente trabajo presenta la producción y caracterización del aceite de coco babasú extraído industrialmente y manualmente y el biodiésel. Los biocombustibles se obtuvieron por transesterificación alcalina, utilizando hidróxido de potasio y metanol. La caracterización se realizó mediante infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR), viscosidad cinemática, densidad, cenizas sulfatadas, índice de acidez, punto de fluidez, punto de inflamación y cromatografía de gases. Según los resultados, los espectros FTIR mostraron una absorción característica del éster, los estiramientos de enlace C=O (1704 cm^{-1} y 1742 cm^{-1}) y C-O (1112 cm^{-1} y 1111 cm^{-1}). Los resultados de las pruebas de viscosidad cinemática, densidad, índice de acidez, punto de fluidez y punto de inflamación se ajustaron a los límites establecidos por la ANP, Resolución nº 45/2014. La cromatografía de gases mostró el predominio de ésteres metílicos derivados de los ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0). Así, el aceite de coco y el aceite de coco babasú extraído industrialmente y manualmente resultaron viables para la producción de biodiésel, presentándose como una potencial materia prima para el sector de biocombustibles, dado el volumen expresivo de las plantaciones de babasú en el estado de Maranhão.

Palabras clave: Transesterificación; Punto de fluidez; Cromatografía; Punto de inflamación.

Babassu coconut (*Orbignya speciosa* Mart.) oil extracted industrially and manually as feedstock for biodiesel production

Abstract

The use of renewable energy sources, such as vegetable oils like babassu coconut (*Orbignya speciosa* Mart.) oil extracted industrially and manually, has economic and environmental advantages. In this scenario, the present work presents the production and characterization biodiesel of babassu coconut oil extracted industrially and manually. Biofuels were obtained by alkaline transesterification, using potassium hydroxide and methanol. The characterization was performed by infrared with Fourier transform (FTIR), kinematic viscosity, density, sulphated ash, acidity index, pour point, flash point and gas chromatography. According to the results, the Fourier-transform infrared spectroscopy FTIR spectra showed characteristic absorption of esters, the C=O bond stretches (1704 cm^{-1} and 1742 cm^{-1}) and C-O (1112 cm^{-1} and 1111 cm^{-1}). The results of the kinematic viscosity, density, acidity index, pour point and flash point tests were in compliance with the limits established by the ANP, Resolution no. 45/2014. The gas chromatography showed the predominance of methyl esters derived from lauric (C12:0), miristic (C14:0) and palmitic (C16:0) acids. Thus, babassu coconut oil extracted industrially and manually proved to be viable for the production of biodiesel, presenting itself as a potential raw material for the biofuel sector, given the significant volume of babassu plantations in the state of Maranhão.

Keywords: Transesterification; Pour point; Chromatography; Flash point.

Introdução

O aumento da população mundial, resulta no crescimento da demanda por energia, gerada principalmente por fontes convencionais não renováveis como: metano, carvão e petróleo [1], contribuindo para o aumento da emissão de CO₂. A escassez das fontes convencionais de energia é iminente, tendo em vista a rápida industrialização, que leva a um esgotamento das reservas de combustíveis [2]. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA) [3], nos últimos 41 anos o consumo de combustíveis fósseis aumentou 43,33%, sendo que de 1973 a 2014 somente nos setores de transporte, agricultura e indústria houve um aumento de 22,5%.

Portanto, a necessidade de encontrar fontes de energia não-convencionais renováveis que substituam as convencionais não-renováveis torna-se cada vez maior. Nesse sentido, o biodiesel apresenta-se como uma solução apropriada para substituir o diesel de petróleo, por ser de natureza renovável, biodegradável e não-tóxico. Para a produção de biodiesel são utilizadas diversas matérias-primas, tais como óleos vegetais, gorduras animais, óleos residuais, lodo de estações de tratamento de águas residuais, dentre outras fontes [4]. Contudo, a utilização de óleos vegetais para a produção de biodiesel, como o óleo e azeite de coco babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.), apresenta vantagens tanto econômicas quanto ambientais [5-7].

A palmeira babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.) pertence à família das *Arecaceae* com frutos drupáceos, possuindo sementes comestíveis e oleosas. Sua altura varia de 10 a 30 metros e caule com espessura de 25 a 44 centímetros de diâmetro. Floresce durante todo o ano, com auge de produção entre agosto e janeiro, com cada palmeira produzindo até seis cachos de frutos, que são nomeados de coco babaçu [8,9].

O coco babaçu é conhecido dentre populações tradicionais brasileiras, sendo chamado também de coco-palmeira, coco-de-macaco, coco-pindoba, baguaçu, uauaçu, dentre outros. Sua estrutura física é constituída de epicarpo (11%), mesocarpo (23%), endocarpo (59%) e amêndoa (7%), de onde é extraído o óleo. O babaçu é utilizado tanto na indústria farmacêutica, química, cosméticos, veterinária, na alimentação quanto na produção de combustível [10].

Os babaçus ocupam cerca de 18,5 milhões de hectares no território brasileiro, espalhados

nos estados do: Pará, Piauí, Goiás, Tocantins, Mato Grosso e Maranhão, que concentra aproximadamente 10,3 milhões de hectares, sendo também o maior produtor do coco babaçu no Brasil [11].

Sendo assim, este trabalho tem por objetivo produzir biodiesel a partir do óleo e azeite de coco babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.), dentro dos parâmetros da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), por forma a ser utilizado como combustível de veículos e motores do ciclo diesel. O biodiesel produzido foi caracterizado por infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), viscosidade cinemática, densidade, cinzas sulfatadas, índice de acidez, ponto de fluidez, ponto de fulgor e cromatografia gasosa.

Materiais e Métodos

Materiais

Utilizou-se óleo de coco babaçu in natura (OCB), extraído industrialmente. Comprado na Reserva do Ciriaco, Município de Cidelândia – MA. O Azeite de coco babaçu in natura (ACB), extraído manualmente. Adquirido na comunidade de Petrolina, município de Imperatriz – MA".

O óleo e o azeite de coco babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.) apresentam coloração amarelada, sendo o óleo mais límpido. O manejo do coco babaçu varia de acordo com as habilidades e cuidados de cada comunidade extrativista. Quanto a sazonalidade, no estado do Maranhão, a frutificação do coco ocorre durante todo o ano, mas o pico de produção se dá entre os meses de agosto e janeiro, sendo que cada palmeira produz até seis cachos. O óleo de coco babaçu foi extraído de forma industrial por meio da máquina Scott Tech, enquanto o azeite de babaçu foi extraído manualmente, por meio do método de fervura, até ocorrer a separação da fase aquosa [8,9].

Preparação do biodiesel

Para a produção do biodiesel, as amostras de óleo e azeite de coco babaçu foram divididas em quatro volumes de 1 litro. A etapa inicial do processo foi a obtenção do catalisador metóxido de potássio (1% de hidróxido de potássio e 30% de metanol). Posteriormente, o catalisador foi aquecido em banho de glicerina (60 °C, 60 min), em seguida adicionado ao óleo e ao azeite de babaçu. As reações foram realizadas em sistema com refluxo, agitação e aquecimento (60 °C). O

tempo de reação foi de 90 minutos, logo após, os meios reacionais foram transferidos para funis de separação, nos quais as fases foram separadas por diferença de densidade, obtendo-se: fase superior, biodiesel e fase inferior, glicerina. Na etapa seguinte, as fases superiores foram lavadas com água destilada a 50 °C, até que o pH da água de lavagem estivesse neutro. Na etapa final, os biodieseis de óleo e azeite de coco babaçu foram levados a estufa para secagem, durante 60 minutos, sendo posteriormente armazenados.

Caracterizações

Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier. As análises de FTIR foram realizadas no espectrômetro modelo Nicolet IS5 da Thermo Scientific, na faixa de comprimento de onda de 4000 – 550 cm⁻¹, profundidade 28 cm, detector de *Índio Gálio Arsênio de faixa estendida* (InGaAs) e laser de diodo de estado sólido de NIR com temperatura estabilizada.

Viscosidade cinemática. Para a realização das análises de viscosidade cinemática foram utilizados capilares 100 e viscosímetro da Petrotest com banho termostático a 40 °C, com tempo de escoamento em segundos.

Densidade. As medidas de densidade foram efetuadas no densímetro digital modelo DMA 4500 da Anton Paar, com leitura instantânea.

Cinzas sulfatadas. O teste de cinzas sulfatadas foi realizado de acordo com a NBR 6294/2008 utilizando cadinhos de alumina e forno elétrico modelo EDG da W-Three. Em seguida, utilizou-se a Equação 1, para calcular a porcentagem de cinzas sulfatadas.

$$\%CS=(MR \times 100)/MA \quad (1)$$

Em que: %CS = percentual de cinzas sulfatadas; MR = massa do resíduo em gramas; MA=a massa da amostra em gramas.

Índice de acidez. Na análise do índice de acidez, utilizou-se solução neutra de éter-álcool (2:1), fenoltaleína e titulação com hidróxido de sódio

(NaOH) 0,1 M. O índice de acidez foi calculado a partir da Equação 2.

$$IA = (V \times F \times 5,61) / P_{amostra} \quad (2)$$

Em que: IA = índice de acidez; V = volume (mL) de NaOH gasto na titulação; F = fator de correção (0,9709); P = peso da amostra (g); 5,61 = constante de proporcionalidade.

Ponto de fluidez. Nas análises do ponto de fluidez, utilizou-se o analisador modelo CPP-5Gs da PAC, obedecendo a norma ASTM D-97.

Ponto de fulgor. As análises do ponto de fulgor foram realizadas no equipamento modelo APM-7 Automatic Flash Point Tester do fabricante Tanaka, utilizando recipiente da Cleveland. Os testes foram executados de acordo com a NBR 14598/2012, procedimento C.

Cromatografia gasosa. Para as análises de cromatografia gasosa, utilizou-se o equipamento CG-EM, modelo QP2010 SE da Shimadzu, temperatura do injetor 250 °C, interface a 200 °C e fonte de íons a 240 °C, coluna SH-Rtx5MS (30 m x 0,25 mm DI x 0,25mm), fluxo na coluna de 1,14 mLmin⁻¹ e gás de arraste Hélio, com pressão 500 psi. O programa de aquecimento da coluna foi: 60 a 170 °C (10 °Cmin⁻¹), 170 °C por 25 min; 170 a 200 °C (2 °Cmin⁻¹), 200 °C por 2 min; 200 a 300 °C (30 °Cmin⁻¹), 300 °C por 5 min com tempo de corrida de 63,33 min e tempo de corte do solvente de 3 min. Estabeleceu-se o controle do fluxo em velocidade linear de 38,9 cm⁻¹, fluxo de purga 3,0 mLmin⁻¹, pressão de 68 kPa e fluxo total de 26,9 mLmin⁻¹.

Resultados e discussão

Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier

Na Figura 1, estão apresentados os espectros de absorção do biodiesel de óleo de coco babaçu (BOCB) e biodiesel do azeite de coco babaçu (BACB), com bandas de absorção entre 3500 e 600cm⁻¹. Foram detectados movimentos vibracionais do tipo estiramento e deformação das ligações químicas, em ambas as amostras.

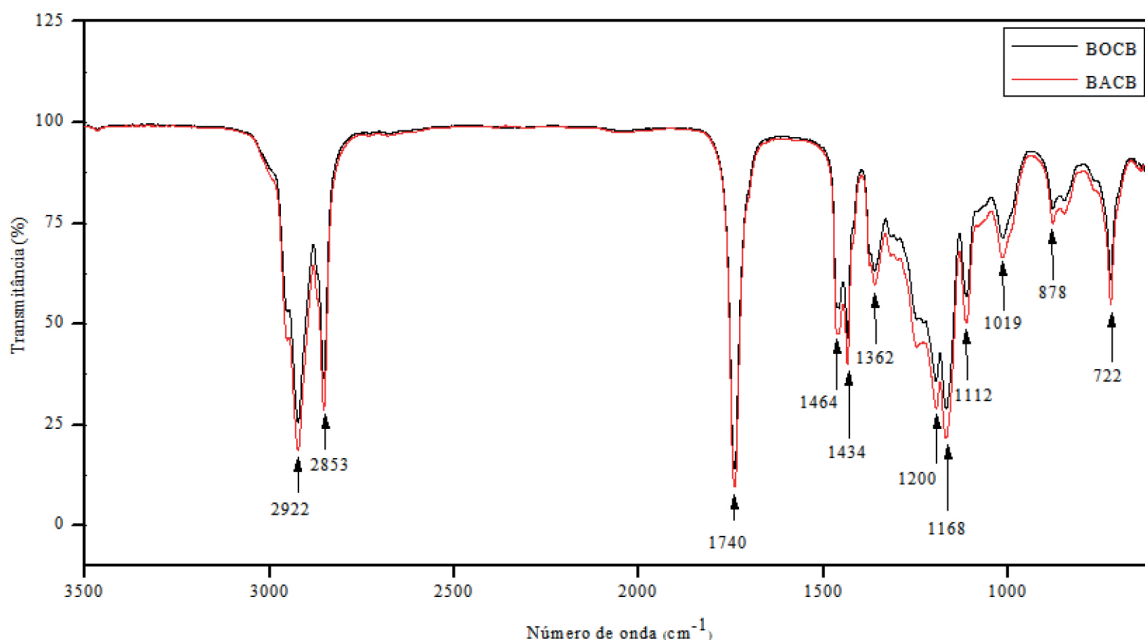


Figura 1. Espectro de absorção do biodiesel de óleo de coco babaçu (BOCB) e biodiesel do azeite de coco babaçu (BACB).
 Fonte: O autor (2020).

Analisando os espectros da Figura 1, observa-se em 2922 cm⁻¹ uma banda de absorção relacionada ao estiramento assimétrico do CH₂, seguida da banda de absorção em 2853 cm⁻¹, referente ao estiramento simétrico do CH₂; bem como, a banda de absorção compreendida em 1740 cm⁻¹,

referente a carbonila (C=O), tanto na amostra BOCB quanto na BACB, sendo estas absorções as mais características de biodiesel [12]. A Tabela 1, apresenta todas as bandas de absorção das amostras BOCB e BACB.

Tabela 1. Números de onda (cm⁻¹) e grupos funcionais das amostras de BOCB e de BACB.

BOCB			BACB		
Números de onda (cm ⁻¹)	Grupo funcional	Tipo de vibração	Números de onda (cm ⁻¹)	Grupo funcional	Tipo de vibração
2922*	CH ₂	Estiramento assimétrico	2928*	CH ₂	Estiramento assimétrico
2853*	CH ₂	Estiramento simétrico	2853*	CH ₂	Estiramento simétrico
1740*	C=O	Estiramento	1742*	C=O	Estiramento
1464	CH ₂	Deformação simétrica	1462	CH ₂	Deformação simétrica
1434	CH ₂		1431	CH ₂	
1362	CH ₂ e CH ₃	Deformação	1366	CH ₂ e CH ₃	Deformação
1200*	O-C=O		1205*	O-C=O	
1168*	C-C(=O) - O		1169*	C-C (=O) - O	
1112	C-O		1111	C-O	
1019	C-H	Deformação no plano	1023	C-H	Deformação no plano
878	C-C	Estiramento	875	C-C	Estiramento

Em que: BOCB = biodiesel do óleo de coco babaçu; BACB = biodiesel do azeite de coco babaçu. (*) Comprimentos de onda com maior intensidade, que se relacionam com os grupos funcionais característicos dos ésteres.

De acordo com os resultados, observou-se pequena variação no comprimento de onda da amostra BOCB para a BACB, tendo em vista que as vibrações moleculares de estiramento ao longo do eixo de ligação, a sensibilidade do equipamento, a diferença de concentração das amostras, dentre outros fatores, podem resultar em aumento ou diminuição da distância interatômica, de acordo com o tipo de movimento. Na deformação ocorre o movimento de um grupo de átomos em relação ao restante da molécula [13]. Destaca-se que

não foi identificado traço de grupos fenólicos ou aminados nas amostras BOCB e BACB, indicando possivelmente, que *não há antioxidantes sintéticos em suas composições*.

Viscosidade cinemática

A Tabela 2, mostra os resultados da análise de viscosidade a 40 °C, do biodiesel de óleo de coco babaçu (BOCB) e biodiesel do azeite de coco babaçu (BACB).

Tabela 2. Viscosidade cinemática a 40 °C dos biodieseis do óleo (BOCB) e azeite (BACB) de coco babaçu.

Amostra	Viscosidade cinemática	Unidade	ANP 45/2014
BOCB	3,2146	mm ² s ⁻¹	3,0 – 6,0
BACB	3,1383		

Em que: BOCB = biodiesel do óleo de coco babaçu; BACB = biodiesel do azeite de coco babaçu.

A viscosidade cinemática fora dos padrões da ANP pode interferir diretamente no funcionamento dos equipamentos de injeção de combustíveis nos motores, principalmente em baixas temperaturas. Quando elevada, a viscosidade cinemática prejudica a atomização dos jatos de combustíveis, diminuindo a precisão da operação dos bicos injetores, impactando diretamente no processo de combustão [14].

A viscosidade cinemática das amostras está de acordo com a RANP 45 [15], que recomenda valores de viscosidade entre 3 e 6 mm²s⁻¹. A *American Standard Testing Method* ASTM D6751 delimita resultados entre 1,9 a 6 mm²s⁻¹ e a norma europeia do Comitê Europeu de Normalização

(Comité Européen de Normalisation - CEN) EN 14214 estabelece limites de viscosidade entre 3,5 a 5 mm²s⁻¹. Sendo assim, os parâmetros de viscosidade cinemática dos biodieseis de óleo e azeite de coco babaçu, estão de acordo com as normas internacionais para biodiesel.

Densidade

A Tabela 3, exhibe resultados da densidade a 20 °C das amostras BOCB e BACB. Assim como a viscosidade, a densidade está diretamente ligada com a quantidade de combustível injetada no motor, podendo inferir diretamente na potência do motor e eficiência de atomização do biodiesel [16].

Tabela 3. Densidade a 20 °C dos biodieseis de óleo (BOCB) e azeite (BACB) de coco babaçu.

Amostra	Densidade	Unidade	ANP 45/2014
BOCB	871,7	kgm ⁻³	850 - 900
BACB	871,3		

Em que: BOCB = biodiesel do óleo de coco babaçu; BACB = biodiesel do azeite de coco babaçu.

As densidades das amostras BOCB e BACB estão em conformidade com a Norma Europeia EN 14214, metodologia de teste EN ISO 3675 e EN ISO 12185, que estabelecem valores mínimo de 860 kgcm⁻³ e máximo 900 kgcm⁻³, obedecendo também os parâmetros da ANP Resolução 45 [15], que determina resultados entre 850 e 900 kgcm⁻³. Além das normas, os dados obtidos estão de acordo com a literatura, a exemplo do biodiesel obtido do óleo de mufuko, por meio de transesterificação, que apresenta densidade de 870 kgcm⁻³ [17, 18].

Cinzas sulfatadas

A Tabela 4, contém os dados obtidos na análise de cinzas sulfatadas das amostras BOCB e BACB. A quantidade de cinzas sulfatadas, presente no biodiesel, indica a quantidade de metais residuais oriundos do processo de transesterificação [19]. Teor elevado de cinzas pode causar desgaste em excesso das partes internas dos motores, resultado das forças de cisalhamento e atrito entre os metais.

Tabela 4. Cinzas sulfatadas dos biodieseis de óleo (BOCB) e de azeite (BACB) de coco babaçu.

Amostra	Cinzas	Unidade	ANP 45/2014
BOCB	0,0243	%	Máx. 0,02
BACB	0,0199		

Em que: BOCB = biodiesel do óleo de coco babaçu; BACB = biodiesel do azeite de coco babaçu.

A amostra BACB apresentou porcentagem de cinzas sulfatadas de acordo com o limite determinado pela ANP, que estabelece valor máximo de 0,02% (ANP 45/2014, EN ISO 3987) [15], bem como a ASTM D6751. Contudo, a amostra BOCB ultrapassou os padrões estabelecidos pela ANP 45/2014 [15], em 0,004%, podendo resultar em um pequeno aumento no desgaste das partes internas de motores, dependendo do resíduo encontrado.

Índice de acidez

Os dados do teste de índice de acidez das amostras BOCB e BACB estão dispostos na Tabela 5. O elevado índice de acidez do biodiesel pode ocasionar problemas nos motores, como deposição de sedimentos, desgaste do filtro e bomba de combustível, bem como corrosão dos componentes metálicos dos motores.

Tabela 5. Índice de acidez dos biodieseis de óleo (BOCB) e de azeite (BACB) de coco babaçu.

Amostra	Índice de acidez	Unidade	ANP 45/2014
BOCB	0,1357	mg KOHg ⁻¹	Máx. 0,50
BACB	0,1361		

Em que: BOCB = biodiesel do óleo de coco babaçu; BACB = biodiesel do azeite de coco babaçu.

A amostra BOCB apresentou índice de acidez 0,1357 mg KOHg⁻¹, enquanto a amostra BACB 0,1361 KOHg⁻¹. Ambos estão dentro dos parâmetros da ANP, que define limite máximo de 0,50 KOHg⁻¹ (RANP 45/2014, ASTM 664, ISO 14104) [15].

Ponto de fluidez

A Tabela 6, contém resultados da análise do ponto de fluidez das amostras BOCB e BACB. O ponto de fluidez é a menor temperatura onde ocorre movimento das moléculas do biodiesel, podendo afetar diretamente o funcionamento dos motores

impedindo o fluxo de combustível e entupindo os filtros do motor [19].

As amostras BOCB e BACB apresentaram temperatura mínima do ponto de fluidez de -8 °C, adequando-se a ANP 52, ASTM D97, ISO 3016 [20] da ANP, cujo limite no inverno é de -6 °C e no verão 6 °C para biocombustíveis. Portanto, a utilização do biodiesel de óleo e azeite de coco babaçu em motores do ciclo diesel, em regiões com temperaturas amenas (mínimo -8 °C), não resultará em problemas de entupimento do motor ou congelamento do biodiesel.

Tabela 6. Ponto de fluidez dos biodieseis de óleo (BOCB) e de azeite (BACB) de coco babaçu.

Amostra	Temperatura	Unidade	ANP 52/2010
BOCB	-8	°C	-6 e 6
BACB			

Em que: BOCB = biodiesel do óleo de coco babaçu; BACB = biodiesel do azeite de coco babaçu. (*) -6 °C no inverno e 6 °C no verão.

Ponto de fulgor

Na Tabela 7, tem-se os resultados do teste de ponto de fulgor das amostras BOCB e BACB. Por meio do ponto de fulgor, determina-se o método de transporte do biodiesel, manuseio, condições de armazenamento e classificação NFPA (*National Fire Protection Association*). Por possuir ponto de fulgor superior ao do diesel, os biodieseis possuem combustão mais eficiente [20].

As amostras BOCB e BACB apresentaram resultados da análise de ponto de fulgor dentro dos padrões estabelecidos pela ANP, que discrimina valor mínimo de 100 °C [15]. A amostra BACB apresentou melhores resultados, se comparados com os parâmetros estabelecidos na norma EN 14214 (método de análise EN ISO 3679), que padroniza valor mínimo de 120 °C.

Tabela 7. Ponto de fulgor dos biodieseis de óleo (BOCB) e de azeite (BACB) de coco babaçu.

Amostra	Temperatura	Unidade	ANP 45/2014
BOCB	116	°C	Mín. 100
BACB	118		

Em que: BOCB = biodiesel do óleo de coco babaçu; BACB = biodiesel do azeite de coco babaçu.

Cromatografia gasosa

As amostras BOCB e BACB foram analisados por cromatografia gasosa afim de verificar o percentual de ácidos graxos presente nas

amostras. Nas Figuras 2 (a) e (b), observam-se os cromatogramas das amostras BOCB (a) e do BACB (b), respectivamente.

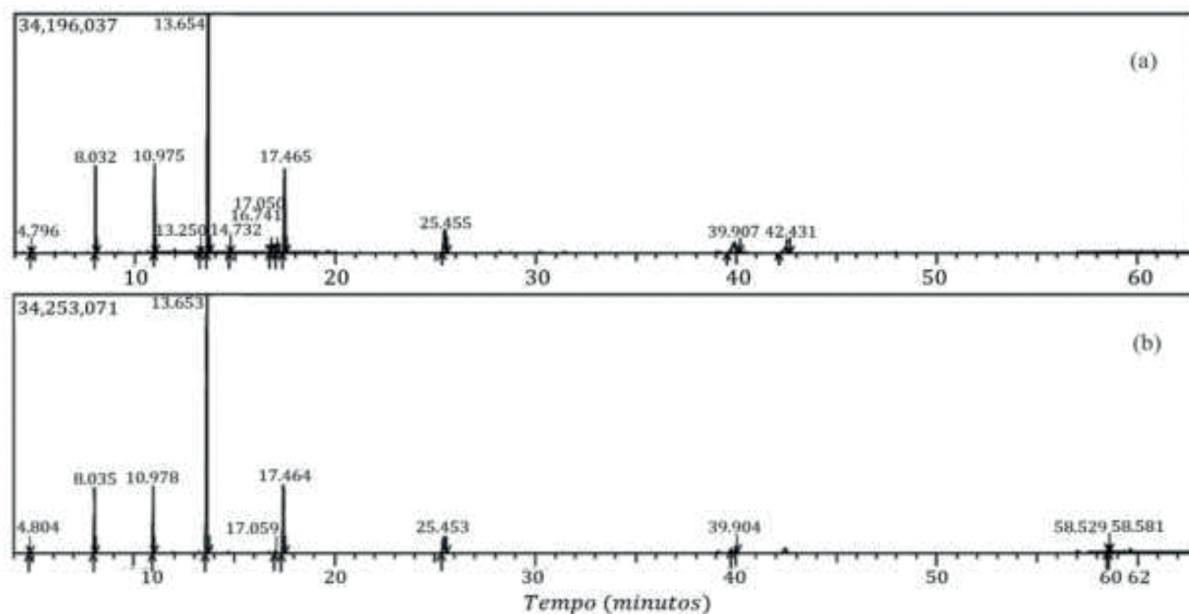


Figura 2. Cromatograma dos biodieseis de: (a) óleo (BOCB) e (b) azeite (BACB) de coco babaçu.

Fonte: O autor (2020).

Analisando os resultados dos cromatogramas, constata-se a predominância dos ésteres metílicos derivados dos ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0), tendo em vista que

os biodieseis *são derivados* do coco babaçu. Na Tabela 8, nota-se os percentuais de ácidos graxos presentes nas amostras BOCB e BACB.

Tabela 8. Composição média de ésteres etílicos de ácidos graxos dos biodieseis de óleo (BOCB) e azeite (BACB) de coco babaçu.

Nº de carbono	Ácido graxo	Fórmula molecular	BOCB		BACB	
			Área (µV.min)	Composição (%)	Área (µV.min)	Composição (%)
C6:0	Caprónico	C ₇ H ₁₄ O ₂	173,8	0,05	163,8	0,04
C8:0	Caprílico	C ₉ H ₁₈ O ₂	16975	5,34	21273,5	4,56
C10:0	Cáprico	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	22497,4	7,07	31447,1	6,75
C12:0	Láurico	C ₁₃ H ₂₆ O ₂	167608,2	52,68	240472	51,60
C14:0	Mirístico	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	48182,9	15,14	71758,5	15,40
C16:0	Palmítico	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	21822,1	6,86	34572	7,42
C18:0	Esteárico	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	5709,1	1,79	10446,6	2,24
C18:1	Oleico	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	30608,1	9,62	49986,9	10,73
C18:2	Linoleico	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	4600,9	1,45	5921,1	1,27

Em que: BOCB = biodiesel do óleo de coco babaçu; BACB = biodiesel do azeite de coco babaçu.

Apartir dos resultados, observa-se que o percentual dos ácidos graxos presente na amostra BACB se assemelha aos da BOCB. Esta semelhança é atribuída ao fato das amostras serem derivadas da mesma matéria prima, o coco babaçu. Esta observação pode ser também fundamentada na sobreposição dos espectros FTIR das amostras BACB e BOCB (Figura 1).

Conclusão

Conclui-se que o biodiesel do azeite de coco babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.) obedece aos parâmetros internacionais para biocombustíveis, com possível utilização em motores de veículos do ciclo diesel. No entanto, o biodiesel do óleo de coco babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.) apresentou teor de cinzas sulfatadas superior aos limites estabelecidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Resolução nº 45/2014. A presença de resíduos metálicos no biodiesel, pode ser atribuída a resquícios do catalisador utilizado na transesterificação e que não foram totalmente removidos no processo de purificação. Nesse sentido, adequações no processo de purificação do biodiesel de óleo de coco babaçu podem reduzir o teor de cinzas sulfatas, atendendo à especificação da ANP. Desta forma, o azeite e o óleo de coco babaçu mostraram-se viáveis para a produção de biodiesel, apresentando-se como potenciais matérias-primas para o setor de biocombustíveis, dado o volume expressivo de babaçuais do estado do Maranhão.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Associação dos Trabalhadores Agroextrativistas da Reserva Extrativista do Ciriaco (ATARECO), ao Instituto Federal do Ceará (IFCE), à Universidade Federal do Ceará (UFC) e à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (Fapema).

Referências

- [1] Demirbas A. Biodiesel production from vegetable oils by supercritical methanol. Prog. in Ener. and Comb. Sci. 2005;64(1):858-65.
- [2] Banković-Ilić, IB, Stamenković OS, Veljković VB. Biodiesel production from nonedible plant oils. Renew. and Sust. Ener. Rev. 2012;16(6):3621-3647.
- [3] International Energy Agency (IEA). Key world energy statistics: Secure Sustainable Together. Paris, France; 2016.
- [4] Leon-Pulido J, Fajardo-Moreno WS, Arias-Tapia M, Delgado ADG, Cárdenas-Concha VO, Nunhez JR. Estudo termoquímico assistido por computador para a produção de biodiesel. Rev. ION. 2019;32(2):77-84.
- [5] Gumus M, Kasifoglu S. Performance and emission evaluation of a compression ignition engine using a biodiesel (apricot seed kernel oil methyl ester) and its blends with diesel fuel. Bio. Bioener. 2010;34(1):134-139.
- [6] Azad AK, Rasul MG, Khan MMK, Sharma SC, Hazrat MA. Prospect of biofuels as na

- alternative transport fuel in Australia. *Renew. and Sust. Ener. Revi.* 2015;43(1):331-351.
- [7] Bhuiya MMK, Rasul MG, Khan MMK, Ashwath N, Azad AK, Mofijur M. Optimisation of oil extraction process from Australian native beauty leaf seed (*Calophyllum inophyllum*). *Ene. Proc.* 2015;75(1):56-61.
- [8] Teixeira MA. Babassu – A new approach for an ancient Brazilian biomass. *Biom. & Bioen.* 2008;32(9):857-864.
- [9] Souza MHSL, Monteiro CA, Figueiredo PMS, Nascimento FRF, Guerra RNM. Ethnopharmacological use of babassu (*Orbignya phalerata* Mart) in communities of babassu nut breakers in Maranhão, Brazil. *Jour. of Ethno.* 2011;133(1):1-5.
- [10] Emmerich FG, Luengo CA. Babassu charcoal: A sulfurless renewable thermo-reducing feedstock for steelmaking. *Biom. and Bioen.* 1996;10(1):41-44.
- [11] Nascimento PS, Lima LAP. Mapeamento Social da Região Ecológica do Babaçu. Projeto Nova Cartografia Social da Amazônia Cartografia Social dos Babaçuais. São Luís: Programa de Pós-Graduação Cartografia Social e Política na Amazônia (Projeto), Universidade Estadual do Maranhão; 2015. 1 mapa; 130x110; escala 1:1.000.000.
- [12] Santos NA, Tavares MLA, Rosenhaim R, Silva FC, Fernandes Jr VJ, Santos IMG, Souza AG. Thermogravimetric and calorimetric evaluation of babassu biodiesel obtained by the metanol route. *Jour. of Ther. Anal. and Calori.* 2007;87(3):649-652.
- [13] Silverstein RM, Webster FX, Kiemle DJ. *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. 17 ed. USA: John Wiley and Sons; 1997.
- [14] Madiwale S, Bhojwani V. An overview on production, properties performance and emission analysis of blends of biodiesel. *Proc. Tech.* 2016;25(1):963-973.
- [15] Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP. Resolução ANP nº 45/2014. Dispõe sobre a especificação do biodiesel contida no Regulamento Técnico ANP nº 3 de 2014 e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam o produto em todo o território nacional. *Diário Oficial da União.* 2014 aug 26; 151(163 seção 1): 68.
- [16] Alptekin E, Canakci M. Characterization of the key fuel properties of methyl ester– diesel fuel blends. *Fuel.* 2009;88(1):75-80.
- [17] Knothe G, Gerpen JV, Krahl J, Ramos LP. *Manual de Biodiesel*. 3. ed. Brasil, São Paulo: Editora Blucher, 2011.
- [18] Celestino KM, Manual AK, João PG. Synthesis of biodiesel from transesterification mufuko oil. *Tecno. Quí.* 2020;40(1):35-51.
- [19] Van Gerpen J, Shanks B, Pruszko R, Clements D, Knothe G. *Biodiesel Analytical Methods*. USA, Colorado: National Renewable Energy Laboratory, 2004.
- [20] Dwivedi G, Sharma MP. Impact of cold flow properties of biodiesel on engine performance. *Renew. and Sustain. Ener. Revi.* 2014;31(1):650-656.
- [21] Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP. Resolução ANP nº 52/2010. Estabelece, no Regulamento Técnico ANP, as especificações dos combustíveis aquaviários comercializados pelos diversos agentes econômicos em todo o território nacional. *Diário Oficial da União.* 2010 dez 29; 147(250 seção 1): 195.
- [22] Hasan MM, Rahman MM. Performance and emission characteristics of biodiesel–diesel blend and environmental and economic impacts of biodiesel production: a review. *Renew. and Sust. Ener. Rev.* 2017;74(1):938-948.