

## Síntese e caracterização físico-química de biodiesel metílico do óleo da castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa*)

### Synthesis and physical-chemical characterization of methyl biodiesel from Pará nut oil (*Bertholletia excelsa*)

Daniel Araujo valente<sup>1\*</sup>, Michelle Rossana Ferreira Vaz<sup>1</sup>, Shirley Cristina Cabral Nascimento<sup>1</sup>, Davi do Socorro Barros Brasil<sup>1</sup>, Rafaela Oliveira Pinheiro<sup>1</sup>

---

#### RESUMO

O presente trabalho tem como objetivos a síntese de biodiesel metílico utilizando o óleo da Castanha-do-Pará; Caracterizar as propriedades físico-químicas do combustível produzido, e confrontar os resultados com os valores especificados pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) e a Sociedade Americana de Testes e Materiais (ASTM) referente à qualidade. O biodiesel, foi sintetizado usando a reação de transesterificação alcalina via catálise homogênea, portando o metanol como componente alcoólico, e o Hidróxido de Sódio (NaOH) como catalisador sob a condições: 70 °C, 400 rpm. O óleo vegetal foi caracterizado pelos parâmetros de índice de acidez, índice de saponificação, ponto de fulgor, densidade e viscosidade cinemática. O biodiesel foi caracterizado pelos parâmetros supracitados com exceção do índice de saponificação, e adicionado o teor de água e sedimentos. A conversão do óleo em biodiesel obteve um rendimento de 78,81%; Os resultados da caracterização obtidos para o biodiesel corroboram com as normas mencionadas acima, salvo o índice de acidez.

**Palavras-chave:** Biodiesel, Castanha-do-Pará, biocombustíveis.

---

#### ABSTRACT

The present work has as objectives the synthesis of methyl biodiesel using Brazil nut oil; Characterize the physicochemical properties of the fuel produced, and compare the results with the values specified by the National Petroleum Agency (ANP) and the American Society for Testing and Materials (ASTM) regarding quality. Biodiesel was synthesized using an alkaline transesterification reaction via homogeneous catalysis, using methanol as an alcoholic component and sodium hydroxide (NaOH) as a catalyst under the following conditions: 70 °C, 400 rpm. The vegetable oil was characterized by the acid index, saponification index, flash point, density and kinematic viscosity parameters. Biodiesel was characterized by the aforementioned parameters, with the exception of the saponification index, and added water and sediment content. The conversion of oil into biodiesel obtained a yield of 78.81%; The characterization results obtained for biodiesel corroborate the norms mentioned above, except for the acidity index.

**Keywords:** Biodiesel, Brazil nuts, biofuels.

---

---

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pará.

\*danielaraujovalente@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Conforme pesquisas, estimasse-se que a utilização de energia de transporte global deverá aumentar em média 1,8% ao ano de 2005 a 2035, atingindo um acréscimo de 50% a mais do que se usa atualmente em meados de 2030 (ATABANI *et. al.*, 2012; AIE, 2007). Paralelo a isso, existem os problemas ambientais relacionados à queima de combustíveis de origem fóssil, tais como o efeito estufa, chuva ácida e danos à camada de ozônio, o que também têm impulsionado a demanda por novas fontes de energia (SILVA *et al.*, 2014).

Para suprir a crescente demanda energética de combustíveis fósseis sem causar maiores danos ao meio ambiente, intensifica-se o interesse de inúmeros países sobre o desenvolvimento de combustíveis alternativos advindos de recursos renováveis para fazer frente a atual condição. Dentre as soluções apresentadas para possíveis substitutas dos combustíveis fósseis, destacam-se os biocombustíveis como etanol combustível e biocombustíveis provenientes de óleos vegetais e gorduras animais (biodiesel) (DE OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Entre as alternativas citadas, o biodiesel se torna uma alternativa interessante devido a inúmeros fatores: por ser um combustível não fóssil, renovável, atóxico, o qual pode substituir total ou parcialmente o diesel de petróleo em motores de ciclo diesel, sem a necessidade de qualquer adaptação (GAMA *et al.*, 2010). Concomitantemente, o Brasil é um dos países com maior potencial para produzir combustíveis a partir da biomassa devido à grande diversidade de espécies oleaginosas presentes no país. Vale também destacar que por meio da Resolução CNPE Nº 16 DE 29/10/2018 foi determinado que a partir do ano de 2020 o teor de biodiesel no diesel vendido deveria ser de no mínimo 12%, e no máximo 15%. Justificando a produção de biodiesel como ótima alternativa para os fatos apresentados.

Na busca por materiais oleaginosos com potencial para produção de biocombustível, encontra-se a castanha-do-Pará ou também conhecida como castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*). O fruto se trata de uma oleaginosa proveniente da castanheira, árvore nativa da região Amazônica. Este é chamado de ouriço que no seu interior abriga cerca de 18 amêndoas (castanhas) (AMAZON OIL INDUSTRY, 2015). Essas sementes também têm uma casca bastante dura e rugosa e contêm uma amêndoa muito apreciada. A castanha-do-Pará é recomendada como matéria-prima para extração de óleo devido ao elevado conteúdo de lipídios. A amêndoa da castanha é constituída de

65 a 70% de lipídios e de 15 a 20% de proteína, além de vitaminas e minerais (GUTIERREZ, 1997). Tais características tornam essa oleaginosa uma ótima alternativa para produção de biocombustível, mais precisamente, biodiesel.

As principais metodologias de produção de biodiesel a partir de óleos vegetais são a esterificação e transesterificação. Entre elas, a transesterificação é mais utilizada devido a menores custos e tempo de reação. A transesterificação é a reação de um triglicerídeo com um álcool na presença de um catalisador podendo ser de natureza básica, ácida ou enzimática obtendo-se como produtos, monoésteres de ácidos graxos e glicerina (MARCHETTI *et al.*, 2007). Atualmente predomina a utilização de catalisadores ácidos ou básicos. A catálise básica é a rota de maior viabilidade econômica e operacional, no entanto, apresenta a formação sabões durante a reação (consumo do catalizador). A catálise ácida fornece um alto rendimento na conversão de ésteres monoalquílicos, porém necessita de longos períodos de reação (superior a 3 horas), além de altas temperaturas e elevado excesso alcoólico (FREEDMAN *et al.*, 1986; VICENTE *et al.*, 2004).

Conforme o que foi exposto, o presente trabalho objetiva a produção de biodiesel metílico a partir do óleo da castanha-do-Pará utilizando a reação de transesterificação alcalina via catalisa básica. Ademais, promover a purificação e caracterização físico-química do biocombustível produzido, avaliando a qualidade do óleo frente às especificações da ANP e ASTM.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O óleo bruto da castanha-do-Pará usado neste trabalho foi adquirido na empresa Amazon Oil S/A. O material foi transportado em garrafas de polietileno de 1L até o Laboratório de Engenharia de Produtos Naturais (LEPRON) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

### *Análise físico-química do óleo da castanha-do-pará*

Índice de acidez: O índice de acidez foi determinado conforme a AOCS Ca 5a-40. A acidez do óleo, em mg de KOH/g de amostra, foi calculada pela Equação 1.

$$I.A = \left( \frac{\text{mL de NaOH utilizado} \times N \times 28,2}{\text{peso da amostra}} \right) \times 1,99 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: N – Normalidade da solução de Hidróxido de Sódio

Índice de saponificação: Para determinação do índice de saponificação seguiu-se a AOCs Cd 3-25. O parâmetro foi calculado pela equação 2 e expresso em mg KOH/g.

$$\text{Valor Saponificação} = \frac{(B - S) \times M}{W} \times 56,1 \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: B – volume de HCl 0,5 M requerido na titulação do branco (mL)

S - volume de HCl 0,5 M requerido na titulação da porção de teste (mL)

M – Molaridade da solução de HCl

W – Massa da porção de testes (g)

Ponto de fulgor: O ponto de fulgor foi verificado segundo a ASTM D 93 usando um medidor de ponto de fulgor de vaso fechado Pensky-Martens (TANAKA, modelo APM – 7).

Massa específica: A massa específica foi determinada com um densímetro digital KEM modelo DA-500 conforme a ABNT NBR 14065. O resultado do parâmetro foi lido diretamente no aparelho à temperatura ambiente.

Viscosidade cinemática: A viscosidade cinemática foi determinada utilizando um viscosímetro SCHOTT CT 52 a 40°C usando a ASTM D 445. O valor da viscosidade foi calculada segundo a equação 2.

$$v = k \times t \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:  $v$  - Viscosidade cinemática

K – Constante característica do viscosímetro

T – Tempo de escoamento da amostra (t)

#### *Pré-tratamento da amostra*

Neutralização: Como o procedimento escolhido para produção de biodiesel foi a transesterificação alcalina via catálise homogênea básica, o excesso de ácidos graxos livres na amostra podem consumir o catalizador, diminuindo o rendimento do processo, logo, emprega-se a neutralização do óleo antes da reação de transesterificação.

Conhecendo o valor do índice de acidez do óleo, pesou-se 500 g do óleo de castanha e o transferiu para um reator de aço inoxidável sob agitação mecânica de 300 rpm, acoplado a um banho termostático HAAKE F3-C e aquecido até 70 °C. Ao atingir temperatura ideal, adicionou-se lentamente ao óleo, aproximadamente 10 mL de uma solução de hidróxido de sódio a 12%. POSTERIORMENTE, manteve-se a agitação ADICIONADOS 2 minutos SOB AGITAÇÃO 400 rpm. Ao findar o processo, o

material neutralizado foi posteriormente filtrado a vácuo para remoção do sabão formado durante a neutralização (Adaptado de NABIÇA, 2018).

**Figura 1** - Aparato para reação de neutralização.



Fonte: Os autores (2022)

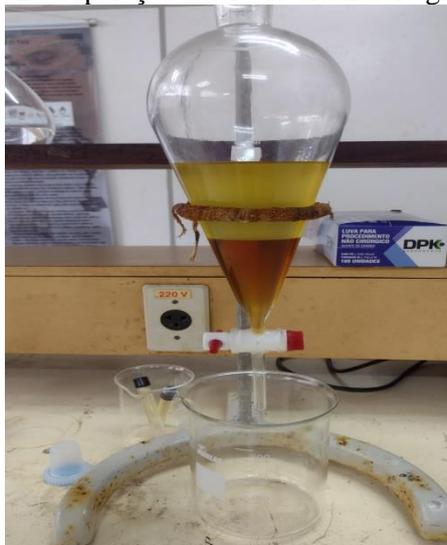
O óleo neutralizado foi transferido para um funil de decantação e repetidamente lavado com água destilada previamente aquecida a uma temperatura de aproximadamente ( $\cong 50$  °C) para remoção do sabão residual e traços do catalisador. Após agitação vigorosa do sistema, este permaneceu em repouso para separação das fases, sendo que a fase inferior, com maior concentração de sabão e outras impurezas, foi descartada. O processo se repetiu até que o pH da água de lavagem estivesse neutro. O produto final foi seco com Sulfato de Sódio Anidro, filtrado e armazenado em frasco de polietileno de alta densidade lacrado. Realizou-se uma nova medição do I.A. (índice de acidez) para verificar a acidez do óleo a ser utilizado na transesterificação.

#### *Síntese e purificação do biodiesel*

Para produção do biodiesel metílico, foi utilizada a reação de transesterificação alcalina utilizando o hidróxido de sódio como catalizador. Inicialmente, pesou-se 300 g do óleo de castanha-do-pará neutralizado e transferidos para o reator de aço inoxidável, aquecido a 70 °C e sob agitação de 350 rpm. A massa do catalizador foi de 1,5 % ( $m \cdot m^{-1}$ ) em relação à massa de óleo, utilizou-se a relação molar de 1:6 óleo/álcool. Ao alcançar temperatura de aproximadamente 40 °C, foram adicionados ao óleo, o componente alcoólico e o catalizador, e após, aproximadamente 10 minutos, a temperatura interna do reator atingiu a temperatura de aproximadamente 70 °C. A reação foi transcorrida no tempo de 30 minutos a 70 °C e agitação de 400 rpm (Adaptado de LIMA, 2016; GOMES JUNIOR, 2012).

Após o tempo reacional, o conteúdo do reator foi transferido para um funil de decantação, onde foi derramado 5 gotas de Ácido Clorídrico 0,1 M para acelerar o processo de separação das fases. O sistema bifásico, após aproximadamente 20 minutos em repouso, contendo na fase inferior a glicerina e pequenas partes de sais dissolvidos, e biodiesel na fase superior. Vale lembrar que industrialmente existem métodos mais efetivos de separação das fases, além de etapas para recuperação do álcool.

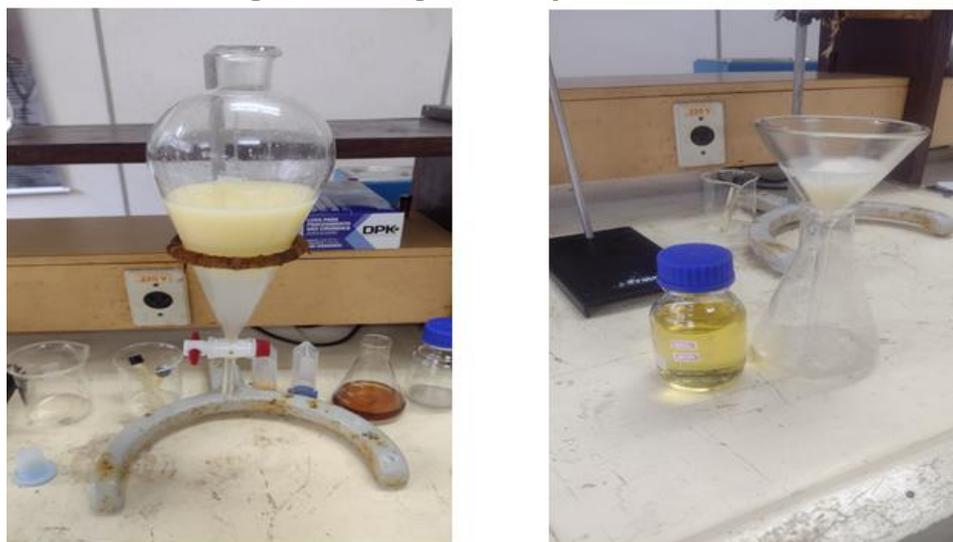
**Figura 2** - Separação das fases biodiesel / glicerina.



Fonte: Os autores (2022)

Ao descartar a fase inferior rica em glicerina, o biodiesel foi repetidamente lavado com água destilada aquecida a fim de remover o catalizador e traços de glicerina. Para cada lavagem utilizou-se uma razão 1:1 em relação biodiesel:água, seguida de agitação branda e repouso para separação das fases. O processo foi repetido até que a solução de lavagem não apresentasse coloração rosa quando adicionada solução de fenolftaleína. Os últimos traços de água foram removidos pela secagem do biodiesel com sulfato de sódio anidro e posterior filtração. O produto final (biodiesel) foi armazenado em frasco de borosilicato e lacrado para posteriores caracterizações.

**Figura 3 - Lavagem e filtração do biodiesel.**



Fonte: Os autores (2022)

### *Análise físico-química do biodiesel de castanha-do-pará*

As análises físico-químicas para o biodiesel foram realizadas de forma análoga as caracterizações da matéria-prima, exceto o índice de saponificação, e adicionado o teor de água e sedimentos, sendo elas: índice de acidez, massa específica, ponto de fulgor e viscosidade cinemática. A determinação de águas e sedimentos, foi conduzida pela ASTM D2709, em centrífuga SIGMA modelo 2-7. Vale destacar que a viscosidade cinemática do biodiesel foi quantificada conforme a ASTM 446 (que estipula o uso de um capilar de n°100).

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### *Propriedades físico-químicas do óleo de castanha-do-pará*

Os resultados da caracterização do óleo vegetal in natura são disponibilizados na tabela 1. Importante destacar que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da RDC n° 270, que regulamenta óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal, especifica somente o valor máximo de índice de acidez para o óleo de castanha-do-Pará (4 mgKOH/g).

**Tabela 1 - Resultados da caracterização físico-química do óleo da castanha-do-Pará.**

<b>Propriedade</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado</b>
Índice de acidez (mg KOH/g) – Antes das neutralização	AOCS Ca 5a - 40	5,17
Índice de acidez (mg KOH/g) – Pós neutralização	AOCS Ca 5a - 40	1,99

Índice de saponificação (mgKOH/kg)	AOCS CD3 - 25	193,7
Ponto de fulgor (°C)	ASTM D 93	207
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	ABNT NBR 14065	0,918
Viscosidade cinemática (mm <sup>2</sup> /s)	ASTM D 445	35,9
Rendimento da Neutralização (%)	---	82,27

Fonte: Os autores (2022)

Índice de Acidez: O índice de acidez determina o teor de ácidos graxos livre em uma amostra, sendo este um dos principais parâmetros para expressão da qualidade de óleos e gorduras. Sabe-se que vários fatores podem influenciar a acidez de um óleo como: maturação dos grãos, estocagem, ação enzimática, qualidade dos grãos e processo de extração do óleo (CARDOSO *et al.*, 2010). Conforme o resultado obtido para ácidos do óleo *in natura*, este se encontra fora das especificações do órgão regulamentador. No entanto, este resultado ainda possibilita a utilização do óleo para produção de biodiesel.

Segundo FERNANDES *et al.* (2012), para que um óleo ou gordura vegetal possa ser utilizado para produção de biodiesel através da reação de transesterificação alcalina, deve apresentar valor de índice de acidez inferior a 6 mg KOH.g<sup>-1</sup>. Ainda que o primeiro índice de acidez medido estivesse dentro da faixa, o mesmo se encontra com valor bem próximo ao limite. Logo, optou-se por neutralizar o óleo para redução do teor de ácidos graxos livre na amostra visando um maior rendimento no processo de produção do biodiesel. Após este processo, alcançou-se um valor aceitável de acidez para produção de biodiesel via transesterificação alcalina.

Índice de Saponificação: O índice de saponificação permite a caracterização de cada óleo, medindo a quantidade de base necessária para saponificar todo o conteúdo lipídico de uma amostra, sendo específico para cada óleo e, portanto, importante critério de identificação (VINEYARD, 2014). Em suma, o índice de saponificação determina a medida do peso molecular/comprimento de cadeia médio dos ácidos graxos presentes nos óleos.

Sabe-se que para óleos com índice de saponificação na faixa de 180-200 mg KOH/g, considera-se que este contém ácidos graxos de elevado peso molecular, enquanto que para resultados acima de 200 mg KOH/g de índice de saponificação têm-se um óleo com ácidos graxos de baixo peso molecular em sua composição (IJEOMA e

PRISCA, 2015). Com base no resultado obtido, infere-se que o óleo estudado apresenta ácidos graxos de elevado peso molecular em sua estrutura.

Ponto de fulgor: O ponto de fulgor corresponde a menor temperatura na qual o produto gera uma quantidade de vapores que se inflama quando uma chama é aplicada, em condições controladas (NABIÇA, 2018). Este parâmetro é de suma importância no que diz respeito à segurança e riscos de transporte, armazenamento e manuseio do óleo devido sua relação quanto à temperatura em que o produto pode se inflamar quando submetido à chama. Como o resultado obtido está acima dos 100°C, têm-se uma boa faixa de temperatura para trabalho, visto que essa condição não é atingida de forma esporádica durante transporte o armazenamento.

Densidade: A densidade esta relacionada à medida de massa por unidade de volume de uma substância. Esta evidencia o quanto de material está contido por uma unidade de volume, auxiliando na caracterização das substâncias. É inversamente proporcional ao volume; sendo assim, quanto maior a densidade menor será o volume ocupado, para uma mesma massa da substância (COSTA, 2015)

Em se tratando dos óleos vegetais, a densidade da amostra, pode mudar com a variação da temperatura, além de ser diretamente influenciada ao comprimento da cadeia e características dos ácidos graxos que o compõem. Segundo estudos realizados por ABOLLÉ, *et. al* (2009), os valores de densidade dos óleos e gorduras vegetais variam de 900 a 930 kg.m<sup>-3</sup>. Portanto, o resultado encontrado apresenta valor satisfatório quando comparado a faixa de valores citada.

Viscosidade cinemática: A viscosidade é uma medida da resistência ao fluxo de um líquido devido a fricção interna de uma parte do fluido em movimento em relação a outra (SILVA *et al.*, 2014). Fisicamente se sabe que inúmeros fatores interferem na viscosidade de um fluido, dentre os principais, o comprimento da cadeia dos ácidos graxos que fazem parte da composição dos óleos e gorduras vegetais.

DERMIBRAS (2008) ao estudar as propriedades físicas de mais de 20 espécies oleaginosas, percebeu que os valores de viscosidade cinemática dessa variava de 23,2 mm<sup>2</sup> .s<sup>-1</sup> até 53,0 mm<sup>2</sup> .s<sup>-1</sup>. Comparado ao estudo citado, o valor encontrado para viscosidade cinemática do óleo da castanha-do-Pará se encontra na faixa explicitada.

#### *Propriedades físico-químicas do biodiesel metílico de castanha-do-pará*

Na tabela 2 são confrontados os resultados obtidos das análises do biodiesel metílico as especificações da ANP e ASTM.

**Tabela 2** – Resultados da Caracterização físico-química do biodiesel de castanha-do-Pará.

Propriedade	Método	Resultado	ANP	ASTM D6751
Índice de acidez (mg KOH/g)	AOCS Ca 5a-40	1,43	0,5	0,5
Água e sedimentos	ASTM D2709	<0,05	0,05	-
Ponto de fulgor (°C)	ASTM 446	158	>100	>130
Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	ABNT NBR 14065	876,5	850 – 900	-
Viscosidade cinemática (mm <sup>2</sup> /s)	ASTM D 445	4,4	3,0 – 6,0	1,9 – 6,0
Rendimento da transesterificação (%)	---	78,81	-	-

Fonte: O autor (2022)

Índice de acidez: Para o biodiesel, o índice de acidez é uma das propriedades de caracterização mais importantes. A presença de ácidos graxos livres agrega uma característica corrosiva ao biocombustível, este fator atribui sérios riscos ao armazenamento do biodiesel e uso em motores. Tendo isso em vista, a ANP estabelece um valor máximo de acidez de 0,5 mg KOH/ g para o biodiesel através da resolução n° 45 de 2014 (RANP 45/14).

O valor obtido para acidez do biodiesel está acima do especificado pela ANP. Além disso, o resultado se encontra entre os resultados obtidos por PEREIRA (2008) e NABIÇA (2018) quando produziram biodiesel do óleo da castanha-do-Pará (0,6 e 3,24 mg KOH/g, respectivamente). O valor elevado de acidez pode ter ocorrido devido a reação de hidrólise durante a transesterificação. Esse mecanismo de hidrólise é possibilitado pelo catalisador básico e o metanol empregado, pois além de originar o alcóxido formará a água, que, como já discutido, levará a reações secundárias de hidrólise como também a saponificação (SUAREZ *et al.*, 2007).

Água e sedimentos: A presença de água e sedimentos no biodiesel pode promover a reação de hidrólise no combustível, formando ácidos graxos livres que como mencionado anteriormente são prejudiciais ao uso do biodiesel em motores. Além disso, essas impurezas podem provocar a corrosão e precipitação de sedimentos no tanque

onde o combustível está armazenado. Sabendo que a presença de água é prejudicial quando se trabalha com biodiesel, LÔBO *et. al.*, (2009) inferiu que Como o biodiesel apresenta certo grau de higroscopicidade, é importante que seja feito monitoramento do teor de água durante o armazenamento do Biodiesel.

O resultado obtido para água e sedimentos no biodiesel ficou dentro dos padrões determinados pela ANP, que determina um valor de no máximo 0,05% em volume.

Ponto de fulgor: O resultado obtido para o ponto de fulgor do biodiesel se mostrou satisfatório para ambas as regulamentações, que determinam um valor mínimo entre 100 e 130 °C para o ponto de fulgor do biodiesel. Esse parâmetro mede o poder de autoignição do biodiesel, sendo de grande importância para a segurança no transporte, manuseio e armazenamento (MENDOW *et al.*, 2011; LIN, CHIU, 2010). O ponto de fulgor do biodiesel deve ser acima de 100 °C, o que é uma vantagem frente ao diesel, que é de 52 °C, o que o torna um combustível mais seguro (KARRA *et. a.l.*, 2007).

Densidade: O valor de densidade obtido para o biodiesel metílico atende as especificações propostas pela ANP (RANP 45/14). A densidade do biodiesel está relacionada à sua estrutura molecular, ou seja, quanto maior a cadeia carbônica presente no combustível, maior será sua densidade. Importante destacar que este é um importante parâmetro de avaliação no sistema de injeção dos motores, e que o valor da densidade da densidade do biodiesel varia de acordo com a matéria prima utilizada para sua fabricação. A presença de impurezas também poderá influenciar na densidade do biodiesel como, por exemplo, o álcool (valores muito elevados indicam a contaminação por sabão) ou substâncias adulterantes (LÔBO *et. al.*, 2009; MENDOW *et. al.*, 2011).

Viscosidade cinemática: Esta se trata do parâmetro mais importante de caracterização do biodiesel, representa a propriedade fluidodinâmica que expressa a resistência oferecida pela substância ao escoamento sob gravidade (GERPEN, 2005), Ou seja, a capacidade do biodiesel fluir. Essa propriedade é de extrema importância quando se avalia o uso do biocombustível em motores. Valores elevados de viscosidade influenciam o processo de queima na câmara de combustão do motor, ocasionando a deposição de resíduos nas partes internas do motor (SIVA *et al.*, 2014; ATABANI *et al.*, 2012; LÔBO, *et al.*, 2009).

O valor de viscosidade obtido para o biodiesel de castanha-do-Pará ficou satisfatoriamente abaixo do limite máximo e acima do valor mínimo estabelecido pelas

duas regulamentadoras, corroborando em valores similares aos encontrados na literatura.

## CONCLUSÃO

De acordo com os dados obtidos para o biodiesel, percebe-se que os parâmetros: água e sedimentos, ponto de fulgor, densidade e viscosidade cinemática estão em concordância com as especificações da ANP e ASTM, inferindo o potencial do óleo da castanha-do-Pará para produção de biodiesel.

O índice de acidez do biodiesel excedeu o limite determinado, o que sugere conversão parcial dos triglicerídeos do óleo em ésteres. Esta condição pode ter ocorrido por intermédio de possíveis reações secundárias durante a transesterificação (hidrólise). Ademais, o elevado índice de acidez pode ser indicativo de degradação do biodiesel durante os processos de purificação, já que estes envolviam a utilização de água em temperaturas razoavelmente elevadas. Frente essa condição, pode-se inferir que a destilação do biodiesel seria uma operação unitária eficaz a fim de enquadrá-lo nos valores aceitáveis de acidez, podendo separar os mono-ésteres dos demais componentes que afetam na acidez do óleo.

Em conclusão, é válido afirmar que ao ajustar as condições que interferem negativamente na acidez do biodiesel, tornará o processo de produção de biocombustível a partir do óleo da castanha-do-Pará extremamente viável, já que se obterá um combustível enquadrado em todas as especificações estudadas nesse trabalho. Porém, é de suma importância estudos mais detalhados sobre os métodos de produção de biodiesel a partir da matéria prima mencionada, bem como outros métodos de caracterização do biodiesel para confirmar a segurança e eficiência no uso combustível produzido em motores a combustão.

## REFERÊNCIAS

ABOLLÉ, A., LOUKOU, K., HENRI, P., The density and cloud point of diesel oil mixtures with the straight vegetable oils (SVO): Palm, cabbage palm, cotton, groundnut, copra and sunflower. **Biomass and Bioenergy** 33 (2009), 1653-1659.

AMAZON OIL INDUSTRY. Óleo de Castanha-do-Pará - *Bertholletia excelsa*. Disponível em: <[http://www.amazonoil.com.br/rain\\_forest\\_products.htm](http://www.amazonoil.com.br/rain_forest_products.htm)>. Acesso em 18/10/2022.

ATABANI, A. E., SILITONGA, A. S., BADRUDDIN, I. A., MAHLIA, T. M. I., MASJUKI, H. H., MEKHILEF, S., A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 16 (2012), 2070-2093.

BRASIL. ANP. Resolução ANP N° 07 de 19.3.2008 - DOU 20.3.2008. Estabelece a especificação do biodiesel a ser comercializado pelos diversos agentes econômicos autorizados em todo o território nacional. Brasi. 2008. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2009/secao-6/q6-1.pdf>>. Acesso em 10, dez. 2017.

CARDOSO, L. G. V.; BARCELOS, M. F. P.; OLIVEIRA, A. F.; PEREIRA, J. A. R.; ABREU, W. C.; PIMENTEL, F. A.; CARDOSO, M. G.; PEREIRA, M. C. A. Características físico-químicas e perfil de ácidos graxos de azeites obtidos de diferentes variedades de oliveiras introduzidas no Sul de Minas Gerais - Brasil, **Seminário: Ciências Agrárias**, v.31, n.1, p. 127-136, 2010.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA. Resolução CNPE N° 16 DE 29/10/2018. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. Conselho Nacional de Política Energética - CNPE, 2018. Disponível em: <<https://www.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/3.-Resolu%C3%A7%C3%A3o-Senado-n%C2%B0-29.-2018.-D.O.U.-parte-02.pdf>>. Acesso em: 18/10/2022.

COSTA, S. D. C. - obtenção e análise de propriedades e parâmetros físicoquímicos do óleo de oiticica. Natal/RN 2015- Monografia - UFRN/CT/DEQ - Campus Universitário - Natal - RN – BRASIL.

DE OLIVEIRA, M. F., VIEIRA, A. T., BATISTA, A. C. F., RODRIGUES, H. S., STRADIOTTO, N. R., A simple and fast method for the production and characterization of methylic and ethylic biodiesels from tucum oil via an alkaline route. **Journal of Biomedicine and Biotechnology** (2011), 1-4.

DEMIRBAS, A., Relationships derived from physical properties of vegetable oil and biodiesel fuels. **Fuel** **87** (2008), 1743-1748.

FERNANDES, D. M., SERQUEIRA, D. S., PORTELA, F. M., ASSUNÇÃO, R. M. N., MUNOZ, R. A. A., TERRONES, M. G. H., Preparation and characterization of methylic and ethylic biodiesel from cottonseed oil and effect of tert-butylhydroquinone on its oxidative stability. **Fuel** **97** (2012), 658-661.

FERNANDO, S.; KARRA, P.; HERNANDEZ, R.; JHA, S. K. Energy. 2007, 32, 844. FREEDMAN, B.; BUTTERFIELD, R. O.; PRYDE, E. H. Transesterification kinetics of soybean oil, J. **Am. Oil Chem. Soc.**, v.63, n.10, p.1375-1379, 1986.

GAMA, P. E.; GIL, R. A. da S. S.; LACHTER, E. R. Produção de biodiesel através de transesterificação in situ de sementes de girassol via catálise homogênea e heterogênea. **Química Nova** [online]. 2010, v. 33, n. 9, pp. 1859-1862. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000900007>>. Epub 13 Jan 2011. ISSN 1678-7064. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000900007>. Acesso em: 12/10/2022.

GERPEN, J.V. Biodiesel processing and production. **Fuel Processing Technology**, 86: 10971107. 2005.

GOMES JUNIOR, P. C. Produção de biodiesel com óleo de palma por via metanólica. 2014 Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

GUTIERREZ, E. M. R.; REGITANO-D ARCE, M. A. B.; RAUENMIGUEL, A. M. O. Estabilidade oxidativa do óleo bruto da castanha do Pará (*Bertholletia excelsa*). *Ciência e*

Tecnologia Alimentos, Campinas, v. 17, n. 1, p. 22-27, 1997. Disponível em: <https://bit.ly/3woP1Fe>. Acessado em: 01/11/2022.

IJEOMA, K. H., PRISCA, U. I. Characterization of the chemical properties of some selected refined vegetable oils commonly sold in Nigeria. **British Journal of Applied Science and Technology** (2015) 6, 538-546

LEUNG, D. Y. C., WU, X., LEUNG, M. K. H., A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. **Applied Energy** **87** (2010), 1083-1095.

LIMA, R. P. Produção de biodiesel metílico e etílico de oleaginosas Amazônicas: caracterização físico-química e estudos térmico e cinético. 2016. 98 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Belém, 2016. Programa de Pós-Graduação em Química.

LÔBO, S.L.C.; CRUZ, R. S. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Química nova**, vol. 32, no. 6, 1596-1608, 2009.

MARCHETTI, J. M.; MIGUEL, V. U.; ERRAZU, A. F. Possible methods for biodiesel production. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 11 p. 1300-1311, 2007.)

MENDOW, G.; VEIZAGA, N. S.; SÁNCHEZ, B. S.; QUEIRINI, C. A. Biodiesel production by two-stages transesterification with etanol. **Bioresource Technology**, 102 10407 – 10413. 2011.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Resolução nº 270 que regulamenta óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), 2005.

NABIÇA, S. T. Produção de biodiesel com óleo de castanha-do-Brasil por via metanólica. Orientador: Luiz Ferreira de França. 2018. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química Industrial) – Faculdade de Química, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/handle/prefix/2566>. Acesso em: 22/10/2022.

SILVA, T. A., DE ASSUNÇÃO, R. M. N., VIEIRA, A. T., DE OLIVEIRA, M. F., BATISTA, A. C. F., Methyllic and ethylic biodiesels from pequi oil (*Caryocar brasiliense* Camb.): production and thermogravimetric studies. **Fuel** 136 (2014), 10-18.

SUAREZ, P. A.; MENEGHETTI, S. P.; MENEGHETTI, M. R.; WOLF, C. R. Transformação de triglicerídeos em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: algumas aplicações da catálise na oleoquímica. **Química Nova**, 30 (3). 2007.

VICENTE, G.; COTERON, A.; MARTÍNEZ, M.; ARACIL, J. Integrated biodiesel production: a comparison of different homogeneous catalysts systems. **Bioresource Technology**, v.92, p.297-305, 2004.

VINEYARD, P. M. Estudo e caracterização do processo de fabricação de sabão utilizando diferentes óleos vegetais. Escola de Engenharia de Mauá. 2014.

*Recebido em: 21/10/2022*

*Aprovado em: 25/11/2022*

*Publicado em: 01/12/2022*