

EPOXIDAÇÃO ETÍLICA DO ÓLEO DE PINHÃO-MANSO PARA OBTENÇÃO DE UM LUBRIFICANTE BIODEGRADÁVEL

Andrew Diego Medeiros Macedo¹
Higor Henrique Faria²
José Carlos Oliveira Santos³

RESUMO

O uso intensivo das reservas esgotáveis de combustíveis fósseis e os problemas ambientais ocasionados por esse uso tem desencadeado na sociedade a procura por alternativas energéticas menos agressivas ao meio ambiente. Uma excelente alternativa é a pesquisa constante no desenvolvimento de fontes de energia e de produção de bens que não dependam de matérias-primas fósseis, sendo a obtenção de lubrificantes biodegradáveis a partir de matéria-prima renovável um exemplo desses estudos. Um biolubrificante é um lubrificante biodegradável que tem a capacidade comprovada de ser decomposto em um intervalo de até um ano, por meio de processos biológicos naturais em terra carbonácea, água ou dióxido de carbono. O pinhão manso (*Jatropha curcas*) é uma planta com alto teor de óleo, resistente e perene. Essas características torna-o uma matéria-prima promissora para produção de biocompostos. Este trabalho consiste na síntese e caracterização de lubrificante biodegradável a partir de óleo de pinhão-manso através da transesterificação etílica do óleo, seguido da epoxidação etílica dos ésteres. Os materiais envolvidos no processo foram caracterizados através de suas propriedades químicas e físico-químicas. A transesterificação alcalina, que transformou o óleo em biodiesel, propiciou um rendimento de 71,7%. Já a epoxidação etílica, reação que transformou o biodiesel em biolubrificante, propiciou um rendimento de 93,4%. A maioria das propriedades analisadas mostrou-se adequada aos parâmetros estabelecidos pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, para os produtos obtidos. Desta forma, a produção de lubrificantes biodegradáveis poderá ajudar de forma significativa na diminuição do impacto ambiental do uso de materiais fósseis para produção de lubrificantes, bem como no aumento da consciência ambiental no desenvolvimento de novas tecnologias.

Palavras-chave: Meio Ambiente, Biomassa, Epoxidação, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A maior parte da energia consumida no mundo provém do petróleo, do carvão e do gás natural, porém essas fontes são limitadas e com previsão de esgotamento no futuro, o que tem motivado o desenvolvimento de tecnologias que permitam utilizar fontes renováveis de energia (Ferrari *et al.*, 2005). Neste contexto, destacam-se os biocombustíveis como uma alternativa para substituição das fontes de energia. A rápida diminuição das reservas de combustíveis fósseis, a extração, o transporte e os processos industriais de transformação do

¹ Graduando do Curso de Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, andrew.diego@estudante.ufcg.edu.br;

² Graduando do Curso de Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, jgsaadblog@gmail.com;

³ Professor orientador: Doutor em Química, Centro de Educação e Saúde - UFCG, jose.oliveira@professor.ufcg.edu.br.

petróleo são responsáveis por diversos danos ambientais como derramamentos, geração de resíduos e efluentes tóxicos de difícil degradabilidade, pela contaminação dos lençóis freáticos por gasolina e seus aditivos, pelo acúmulo de dióxido de carbono na atmosfera intensificando o efeito estufa (EREDA, 2004).

Com o aumento do desenvolvimento industrial do Brasil nos últimos anos tem crescido a demanda por óleos lubrificantes, enquanto que a produção de óleos básicos para lubrificantes a partir de derivados de petróleo não tem acompanhado essa demanda, devido, principalmente, à falta de investimentos do setor, justificando o aumento de importações (SANTOS *et al.*, 2017). Os lubrificantes são bastante utilizados nos setores industriais e automobilísticos, sendo, os lubrificantes derivados de petróleo os mais comumente utilizados, embora não sejam biodegradáveis e sejam danosos à natureza (ADHVARYU *et al.*, 2005). Para alguns tipos de aplicação, os óleos lubrificantes minerais não são capazes de resistir às exigências de desempenho, como por exemplo, os óleos de motores automotivos atuais, que têm exigências de longos períodos para a troca e de grande estabilidade oxidativa, sendo o uso de bases sintéticas para os novos motores requerido pelas montadoras de veículos. Salienta-se ainda que, cerca de metade dos lubrificantes vendidos no mundo são lançados ao meio ambiente por aplicações de perda total, volatilidade, derramamento ou acidentes graves (SALIMON *et al.*, 2012). Desta forma, o uso intensivo de lubrificantes à base de petróleo pode causar problemas ambientais como: contaminação de águas subterrâneas, poluição do ar, contaminação dos solos e contaminação dos alimentos. Os lubrificantes à base de óleo vegetal tornam-se, então, uma alternativa para substituição dos lubrificantes à base de petróleo, pois são biodegradáveis, não tóxicos e advindos de fontes renováveis.

Além de seu alto poder calorífico, os óleos vegetais apresentam qualidades que os diferenciam como combustíveis sustentáveis: a ausência de enxofre na sua composição química; o fato que a sua produção industrial não gera substâncias danosas ao meio ambiente e, ainda, o fato de serem elaborados a partir de culturas vegetais que consomem o dióxido de carbono da atmosfera durante a fotossíntese. Apesar de ser energeticamente favorável, a utilização direta dos óleos vegetais em motores a diesel é problemática, daí a necessidade do seu uso após processos. Estudos mostram que a sua combustão direta conduz à carbonização de peças, resistência à ejeção nos êmbolos, diluição do óleo do cárter, contaminação do lubrificante, entre outros problemas (RINALDI *et al.*, 2007). Pesquisas têm mostrado que uma das alternativas para melhorar as características de uso dos óleos vegetais nos motores é a modificação promovida por reações químicas, como a transesterificação (biodiesel) e a epoxidação (biolubrificantes) (HWANG *et al.*, 2003).

As sementes do pinhão-mansão são amplamente utilizadas para extração do óleo para fins combustíveis, podendo ser usada como fonte de energia renovável de baixo custo ou como um substituto para o diesel, querosene e outros combustíveis (MENDOZA *et al.*, 2009). Portanto, sendo considerada uma espécie de relevância para o desenvolvimento da bioenergia, pela grande porcentagem de óleo em suas sementes que podem variar de 40-60% (SAETA; SUNTORNSUK, 2010). O óleo de pinhão-mansão (*Jatropha curcas*) tem sido promissor em sua aplicação como biocombustível de segunda geração, pois tem baixo preço, é facilmente disponível e pode ser produzido de uma forma sustentável e renovável (SÁNCHEZ *et al.*, 2015). Assim, este trabalho de pesquisa foi desenvolvido com o objetivo de sintetizar um lubrificante renovável e biodegradável a partir de óleo de pinhão-mansão (*Jatropha curcas*).

METODOLOGIA

MATERIAIS

O óleo de pinhão-mansão foi adquirido no comércio local e produzido por indústria brasileira, e por se tratar de um óleo bruto passou por processo de degomagem. Este método consistiu na adição de 3% (m/m) de água ao óleo aquecido a 70°C e posterior agitação durante 30 minutos em uma única etapa. Em seguida colocou-se o óleo em um funil de decantação, separando-se a goma, e depois secou-se o óleo. Logo após a purificação, o óleo foi submetido a reações de transesterificação e epoxidação.

PROCEDIMENTO DE EXTRAÇÃO DO BIODIESEL E DO BIOLUBRIFICANTE

Para obtenção dos ésteres etílicos, inicialmente foi feito um cálculo da massa molar do óleo de pinhão-mansão a partir do seu índice de saponificação. Com o conhecimento dessa massa foram calculadas as quantidades de álcool (etanol) e de catalisador (KOH) necessárias para a realização da reação. A reação de transesterificação foi realizada adotando-se uma razão molar óleo/álcool igual a 1:6 e 0,7% de catalisador (óleo/catalisador) (PELANDA, 2009), mantendo-se a temperatura em aproximadamente 45°C durante 1 h, porque temperaturas superiores à temperatura de ebulição do álcool podem acelerar a saponificação dos glicerídeos pelo catalisador alcalino antes da completa alcoólise (FERRARI *et al.*, 2005). Após a reação de transesterificação, a mistura reacional foi transferida para um funil de separação permitindo a separação das fases: superior contendo o éster etílico e inferior composta de glicerol, sabões, excesso de base e álcool. Após o tempo de espera, a fase inferior foi retirada e armazenada num recipiente próprio. Em seguida, foi feita a lavagem dos

ésteres (biodiesel) com água destilada e ácido clorídrico 0,01M. Foram feitas três lavagens com água destilada (retirar da fase dos ésteres resíduos de glicerol e sabões) e duas lavagens com solução de HCl 0,01M (neutralizar os ésteres). Para verificar a eficiência da lavagem ácida foi utilizada fenolftaleína. Após as lavagens, foi adicionado sulfato de magnésio anidro para retirar a água que ainda estivesse presente nos ésteres. Em seguida, a fim de remover o álcool que poderia ainda estar presente no éster, foi utilizado um evaporador rotativo.

Na reação de epoxidação, num balão de fundo redondo de 250 mL, foram adicionados 100g do éster etílico obtido do óleo de pinhão-manso, e gota a gota, 140 mL de ácido peracético comercial 15%. A mistura ficou sobre agitação e aquecimento a 45°C em um banho de água e gelo por 1 h. A reação foi realizada utilizando a proporção molar de 1:1,1 éster/ácido peracético. Após o término da reação, a mistura foi transferida para um funil de separação, onde se retirou a fase inferior, correspondente ao ácido acético, e a fase superior foi lavada duas vezes com 50 mL de bicarbonato de sódio 10% até o desprendimento total das bolhas devido à reação de neutralização. A fim de remover a água residual, foi adicionado sulfato de magnésio anidro ao erlenmeyer contendo o epóxido (biolubrificante), agitando-se vigorosamente por 5 min e em seguida mantendo-se em repouso durante 30 min (NUNES *et al.*, 2008). Para remover o sulfato de magnésio, foi realizada uma filtração a vácuo.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

O óleo de pinhão-manso foi caracterizado mediante índice de acidez (AOCS Cd 3d-63), índice de iodo (AOCS Cd 1-25), índice de saponificação (AOCS Cd 3b-76), teor de sabão (AOCS Cc 17-95), índice de peróxido (AOCS Cd 8-53), densidade relativa, teor de cinzas, teor de umidade e voláteis (AOCS Da-2a-48), viscosidade dinâmica.

Os procedimentos adotados para caracterizar os ésteres etílicos obtidos após a transesterificação foram os mesmos utilizados para caracterizar o óleo de pinhão-manso.

Os epóxidos de ésteres etílicos de óleo de pinhão-manso foram caracterizados por meio dos índices de iodo (AOCS Cd 1-25), índice de peróxido (AOCS Cd 8-53), hidroxila (AOCS Cd 13-60) e oxigênio oxirano (AOCS D Cd 9-57), densidade relativa, teor de cinzas, viscosidade, teor de umidade e voláteis (AOCS Da-2a-48).

Todas as caracterizações descritas anteriormente foram realizadas de acordo com as técnicas descritas por Wu *et al.* (2000) e foram feitas em triplicatas.

REFERENCIAL TEÓRICO

O pinhão-manso (*Jatropha curcas*), da família *Euphorbiaceae*, é uma espécie nativa do México, exigente em insolação e com forte resistência à seca. Esta família é composta por cerca de 8000 espécies, pertencentes a 321 gêneros. É uma planta perene, particularmente resistente às condições adversas de clima e solo, cujo potencial para produção de óleo tem sido considerado. Nativo da América Central, o pinhão-manso vem se adequando a regiões tropicais e subtropicais de todo o mundo, inclusive do Brasil (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2007). Essa oleaginosa tem sido utilizada em cultivo tanto para proteção do solo contra erosão como para estabelecimento de cercas vivas, e suas folhas, seu látex, sua casca e seu óleo são bem conhecidos da medicina tradicional. Na atualidade, seu óleo vem sendo considerado matéria-prima potencial para substituição dos combustíveis fósseis (OPENSHAW, 2000).

A produção do pinhão-manso (*Jatropha curcas*) é viável em pequenas propriedades rurais para aplicação deste óleo com fins energéticos, e seu cultivo é amplamente incentivado pelos governos federal e estadual em seus programas de produção de biodiesel, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional, por meio da geração de emprego e renda (ALHERBAWI *et al.*, 2021). O óleo de pinhão-manso (*Jatropha curcas*) é promissor em seu uso como biocombustível de segunda geração, pois tem baixo preço, é facilmente disponível e pode ser produzido de uma forma sustentável e renovável (SÁNCHEZ *et al.*, 2015). Apresenta compostos tóxicos que impedem seu uso direto na alimentação humana. Ainda está em fase de domesticação, que consiste na seleção e adaptação das plantas cultivadas, além do controle de pragas, não existindo plantios em escala industrial.

O maior agravante na utilização de óleos lubrificantes minerais e sintéticos é a baixa taxa de reciclagem, a ausência de gerenciamento de resíduos e de controle de descarte por parte de seus responsáveis, sendo que a maior quantidade de lubrificantes usados é lançada no ambiente de forma inadequada (SANTOS *et al.*, 2017). Essas preocupações levaram a um crescente interesse em óleos vegetais para utilização como biocombustíveis e derivados, como os biolubrificantes, com alto teor de ácido oleico, pois são considerados potenciais substitutos para os óleos minerais convencionais, baseados em petróleo. Considerando-se este cenário, investimentos na intensificação da utilização de bases vegetais para produção dos óleos lubrificantes podem trazer muitos benefícios ao país, estimulando o agronegócio e a agricultura familiar. Isto é especialmente importante em relação ao desenvolvimento de tecnologias próprias e agregação de valor aos produtos típicos nacionais.

Com a busca de fontes renováveis de energia e o advento dos biocombustíveis, surgiram pesquisas relacionadas a diversas plantas oleaginosas. Dentre elas, aponta-se o pinhão-manso (*Jatropha curcas*) como uma alternativa por ser uma fonte rica em óleo, pela facilidade de cultivo e pelo custo mais barato que a soja, o milho e o trigo. A semente do pinhão manso possui um teor de óleo de aproximadamente 38%, sendo, portanto, uma oleaginosa com grande capacidade de produção de óleo, maior, inclusive que a soja (18%), matéria-prima mais utilizada atualmente para produção de biocombustíveis.

A produção de lubrificantes biodegradáveis a partir de óleos vegetais possui várias vantagens, dentre elas pode-se destacar, o baixo preço da matéria-prima e, conseqüentemente, do lubrificante, além dos benefícios ambientais. Como desvantagens do processo de produção, a grande quantidade de ácidos graxos livres encontrados na matéria-prima, necessidade de etapas de purificação que aumentam os gastos durante a síntese deste lubrificante e também a sazonalidade de culturas que oferecem oferta desigual de matéria-prima em diferentes períodos do ano. Tendo em vista os efeitos gerados pelos lubrificantes derivados do petróleo não renovável e seus aditivos, além de uma possível escassez em futuro próximo, busca-se processos de produção de biolubrificantes modificados quimicamente que possuam menor custo, extraídos de fontes renováveis que sejam ambientalmente mais seguros, para reduzir o consumo excessivo de lubrificantes minerais e sintéticos mais agressivos ao meio ambiente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O óleo de pinhão-manso após processo de purificação foi caracterizado mediante suas propriedades físico-químicas e os resultados foram comparados com a legislação em vigor (BRASIL, 2006; BRASIL, 2021), conforme Tabela 1. Avaliando os resultados, observa-se que o teor de umidade, é um valor satisfatório, pois um elevado índice de umidade acelera o processo de corrosão de peças, como também uma umidade alta acelera a oxidação do óleo. Já o índice de iodo observado, índice esse que trata da medida de insaturação que classifica óleos, gorduras e é utilizado como controle de alguns processos, o valor obtido para tão índice foi considerado baixo, se levar em consideração os valores estabelecidos pela agência nacional de vigilância sanitária. Já o valor encontrado no índice de acidez, que permite verificar o estado de conservação do óleo, que está diretamente relacionado com a pureza, natureza, qualidade, como também o processo de conservação do óleo está adequado (SANTOS *et al.*, 2017). A densidade, propriedade que depende das massas das moléculas,

está satisfatória em relação aos valores comparativos com os da ANVISA, já o índice de saponificação apresentou-se como um valor relativamente baixo, mostrando um baixo valor de material saponificável, estando também abaixo dos valores da ANVISA. O índice de peróxido é um indicador muito sensível no estado inicial da oxidação, onde nesse trabalho o valor foi relativamente baixo, o que indica uma menor taxa de deterioração do óleo.

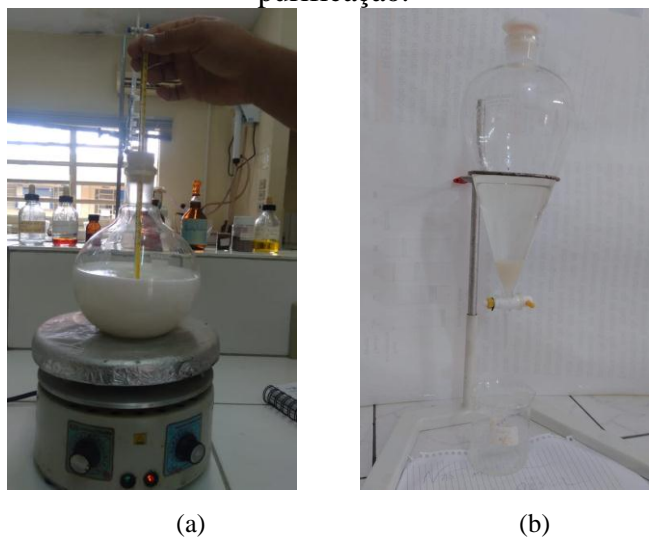
Tabela 1. Parâmetros físico-químicos da matéria prima.

| Parâmetros Aspecto | Óleo de pinhão manso | Padrões Anvisa |
|--|----------------------|-------------------------------|
| | Incolor | Límpido e isento de impurezas |
| Umidade e Voláteis (%) | 0,234 | $\leq 0,1$ |
| Cinzas (%) | 0,12 | --- |
| Densidade (g/cm ³) | 0,991 | 0,919 - 0,925 |
| Índice de acidez (mg KOH/g óleo) | 1,184 | $\leq 0,6$ |
| Índice de iodo (g I ₂ /100g óleo) | 53,93 | 120 - 139 |
| Teor de sabão (ppm de oleato de sódio) | 0,744 | ≤ 10 |
| Índice de saponificação (mg KOH/g óleo) | 147 | 189 - 195 |
| Índice de peróxido (meq/Kg) | 0,007 | ≤ 10 |
| Massa molar aproximada (g/mol) | 1100 | --- |
| Viscosidade Cinemática a 40°C (mm ² /s) | 34,5 | --- |

Fonte: Dados da Pesquisa, 2021.

A reação de transesterificação do óleo proporcionou em rendimento de 71,7% para o biodiesel etílico, cujo processo está ilustrado na Figura 1.

Figura 1. Processo de produção do biodiesel etílico de pinhão-manso: (a) síntese; (b) purificação.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2021.

Os ésteres obtidos do óleo de pinhão-manso pelo processo de transesterificação foram caracterizados mediante suas propriedades físico-químicas e os resultados foram comparados com a legislação em vigor (BRASIL, 2014), conforme Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos dos ésteres do óleo de pinhão-mansão (biodiesel).

| Parâmetros | Ésteres de óleo | Padrões ANP |
|---|-----------------|-------------------------------|
| Aspecto | Incolor | Límpido e isento de impurezas |
| Umidade e Voláteis (%) | 0,03 | 0,02 |
| Cinzas (%) | 0,004 | 0,02 |
| Densidade (g/cm³) | 0,994 | 0,850-0,900 |
| Índice de acidez (mg KOH/g óleo) | 0,475 | ≤ 0,5 |
| Índice de iodo (g I₂/100g óleo) | 38,81 | Anotar |
| Teor de sabão (ppm de oleato de sódio) | 1,035 | ----- |
| Índice de Saponificação (mg KOH/g óleo) | 195 | ----- |
| Índice de Peróxido (meq/Kg) | 0,59 | ----- |
| Viscosidade Cinemática a 40°C (mm²/s) | 5,9 | 3,0 – 6,0 |

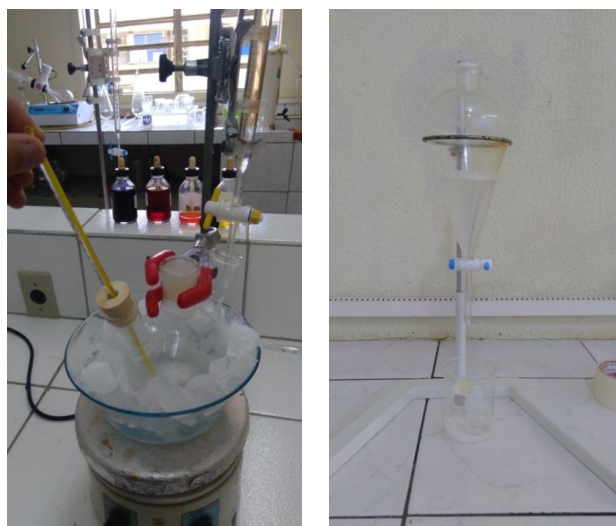
Fonte: Dados da Pesquisa, 2021.

Um dos parâmetros mais importantes é o índice de acidez, pois altos valores desse índice significam um problema, causando oxidação e corrosão de motores (NETO; FERREIRA, 2018). Neste trabalho, esse índice apresentou um valor que está abaixo do limite estabelecido pela Agência Nacional de Petróleo (BRASIL, 2014). Outros parâmetros muito importantes são a viscosidade e a densidade que são responsáveis pela boa injeção do biocombustível no motor, desta forma um biodiesel muito viscoso pode acarretar alguns problemas como entupimento de peças, devido á queima durante o ligamento do motor. A densidade deste biodiesel se apresentou próximo ao valor estabelecido pela ANP, valor parecido com o valor encontrado na literatura (NETO; FERREIRA, 2018). O índice de iodo que caracteriza as cadeias de ácidos graxos insaturados, onde quanto maior esse índice maior o grau de insaturação que está presente na composição do óleo. Esse índice é baseado no fato de que o iodo e outros halogênios se adicionam numa dupla ligação da cadeia insaturada dos ácidos graxos (JOSÉ; Neto, 2004). Escorsim *et al.* (2014) identificaram o teor de sabão encontrado em 0,091 ppm, onde obtivemos um valor maior, onde tal índice serve para verificar a quantidade de oleato de sódio resultado da neutralização do catalisador alcalino com ácidos graxos e ésteres. A metodologia do teor de saponificação é efetuada para que se possa observar a formação de material alcalino, o que se torna necessário para alteração de óleos ou lipídios (NETO; FERREIRA, 2018), o valor obtido nesse trabalho está parecido com o valor encontrado no trabalho de Neto e Ferreira (2018) para o óleo de pinhão-mansão. O teor de cinzas, que é usado para determinar a quantidade de matéria após a queima total da metéria orgânica, biodiesel de pinhão-mansão que possui altas taxas de cinzas ao ser realizada sua queima, sendo o valor apresentado nesse trabalho de 0,004%, valor que está menor do que o estabelecido pela ANP, 0,2%. A determinação da umidade se faz importante pois uma elevada quantidade de água pode vir a ser prejudicial ao desempenho do biodiesel, o valor apresentado

na Tabela 2 foi de 0,03%, valor muito próximo do estabelecido pela ANP. O método para a determinação do grau de extensão da oxidação de óleos vegetais é o índice de peróxido, que nesse trabalho apresentou o valor de 0,59 meq/kg. Um nível baixo do índice de peróxido não constitui como uma garantia cabal de boa estabilidade oxidativa, mas sim podendo ser sinal de alteração (SILVA *et al.*, 1999). A viscosidade cinemática dos ésteres de óleo de pinhão manso permitiu concluir que a reação de transesterificação foi eficiente para reduzir a viscosidade do óleo original.

A reação de epoxidação proporcionou em rendimento de 93,4% para o biolubrificante etílico, cujo processo está ilustrado na Figura 2.

Figura 2. Processo de produção e purificação do biolubrificante etílico de pinhão-manso.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

O epóxido (biolubrificante) obtido do óleo de pinhão-manso pelo processo de epoxidação de seus ésteres etílicos foi caracterizado mediante suas propriedades físico-químicas e os resultados foram comparados com a literatura, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros físico-químicos do epóxido de óleo de pinhão-manso (biolubrificante).

| Parâmetros | Epóxido etílico |
|--|-----------------|
| Aspecto | Incolor |
| Umidade e Voláteis (%) | 0,32 |
| Cinzas (%) | 0,011 |
| Densidade (g/cm ³) | 0,962 |
| Índice de acidez (mg KOH/g óleo) | 1,872 |
| Índice de Saponificação (mg KOH/g óleo) | 178 |
| Índice de iodo (g I ₂ /100g óleo) | 18,23 |
| Índice de Peróxido (meq/Kg) | 0,855 |
| Índice de hidroxila (mg KOH/ g óleo) | 17,1 |
| Oxigênio Oxirano (%) | 11,5 |
| Viscosidade Cinemática a 40°C (mm ² /s) | 7,8 |

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

O valor referente ao índice de acidez do biolubrificante foi de 1,872 (mg KOH/g óleo) onde a acidez apresentou um aumento se comparada com a acidez da matéria prima, fato que pode se relacionar à lavagem ácida dos ésteres. O valor apresentado do índice de iodo foi de 18,23, vale salientar que este valor se refere à quantidade de insaturações presentes nos ácidos graxos dos triglicerídeos como também a tendência de oxidação. Se compararmos ao valor referente ao biodiesel, segundo a (ANP), esse valor encontra-se na média, indicando que houve pouca degradabilidade do material. Encorsim *et al.* (2014) relata que os fatores da acidez como também do iodo são pontos muito importantes para o controle da qualidade, pois estão diretamente relacionados com os fatores de deterioração por termo-oxidação. O teor de cinzas são todas as impurezas da queima dos combustíveis, onde a formação de cinzas expressa os resíduos inorgânicos não combustíveis e, um teor muito alto pode significar problemas no motor como corrosão de peças e entupimento, como também apresentar risco à saúde humana e ao meio ambiente (NETO; FERREIRA, 2018). Neste trabalho, obteve-se um valor de 0,011%. O valor de umidade e voláteis foi de 0,33%, onde a alta umidade é um fator que contribuiu para o alto índice de saponificação que apresentou o valor de 178 (mg KOH/g óleo). O índice de peróxido é um indicador do estado de oxidação como também do para a determinação do processo de rancidez, e o presente trabalho apresentou um valor de 0,855 (meq/kg). A viscosidade pode ser dita como a propriedade dos fluidos e corresponde ao transporte das moléculas, como também a resistência que um fluido oferece, e a mesma pode diminuir dependendo do aumento das insaturações, como também da temperatura (CAVALCANTE, 2016). O valor apresentado da viscosidade foi baixo, também apresentou um índice de iodo baixo, assim uma menor insaturação. Para o valor do oxigênio oxirano foi encontrado o valor de 11,5 valor muito parecido com o encontrado no trabalho de Medeiros *et al.* (2021), esse índice trata de verificar a eficiência da abertura do anel oxirânico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de epoxidação, como também de transesterificação, são um importante viés de produção de combustíveis e similares, pois apresentam baixo custo de produção. Outro fator importante a ser considerado é a utilização do etanol como solvente. Tal composto provém de matérias primas renováveis, como a cana-de-açúcar, beterraba, batata-doce entre outras culturas, que o torna uma boa opção do ponto de vista ambiental, além de prover de uma fonte barata e de fácil cultivo que é o pinhão-mansão, uma oleaginosa que pode se adaptar

até ao clima de ambientes semiáridos. Assim o pinhão-manso vem como uma fonte viável a indústria de biocombustíveis, como também pode ser uma boa fonte de renda ao agricultor.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PIBITI/CNPq/UFCG pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ADHVARYU, A. *et al.* Synthesis of novel alkoxyated triacylglycerols and their lubricant base oil properties. **Industrial Crops and Products**, v. 21, n. 1, p. 113-1199, 2005.

ALHERBAWI, M. *et al.* Jatropha curcas for jet biofuel production: Current status and future prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 135, p. 110396-110405, 2021.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. **Oleaginosas potenciais do Nordeste para a produção de biodiesel**. Campina Grande: EMBRAPA, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 87 de 15 de Março de 2021. **Estabelece a lista de espécies vegetais autorizadas, as designações, a composição de ácidos graxos e os valores máximos de acidez e de índice de peróxidos para óleos e gorduras vegetais**. Diário Oficial da União, edição 51, Seção 1, p. 261. Brasília, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 49 de 22 de dezembro de 2006. **Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Óleos Vegetais Refinados; a Amostragem; os Procedimentos Complementares; e o Roteiro de Classificação de Óleos Vegetais Refinados**. Diário Oficial da União, Seção 1. Brasília, 2006.

BRASIL. Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 45 DE 25/08/2014. **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, Seção 1. Brasília, 2014.

CAVALCANTE, G. H. R. **Estudo de óleos nativos da Amazônia (Babaçu e Andiroba): modificação química, caracterização e avaliação como biolubrificante**. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia). Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016.

EREDA, T. **Epoxidação de óleos vegetais, visando a obtenção de lubrificantes industriais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2004.

ESCORSIM, A. M. *et al.* Produção de biodiesel etílico de óleo de soja refinado em escala piloto. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 10079-10086, 2014.

FERRARI, R. A. *et al.* Biodiesel de soja - taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

HWANG, H. S. *et al.* Preparation and properties of lubricant basestocks from epoxidized soybean oil and 2-ethylhexanol. **Journal of American Oil Chemist's Society**, v. 80, n. 8, p. 811-815, 2003.

MEDEIROS, A. D. M. *et al.* Obtenção de biolubrificante por epoxidação etílica de soja residual. **Anais do IV Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Campina Grande: Realize, 2021.

MENDOZA, J. *et al.* Tecnologías para aprovechamiento del piñón (*Jatropha curcas* L.) como fuente de biocombustibles em tierras marginales secas del litoral ecuatoriano. **Boletín Técnico**, n. 136, p. 16, 2009.

NETO, J. V. P.; FERREIRA, T. K. S. **Estudo das propriedades físico-químicas do óleo de pinhão-mansão (*Jatropha Curcas*) aplicadas na obtenção de biodiesel provenientes de misturas binárias com óleo de soja e sebo bovino**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química). Universidade de Uberaba, Uberaba, 2018.

NUNES, M. R. D. S. *et al.* Epoxidação do óleo de mamona e derivados empregando o sistema catalítico V/TBHP. **Química nova**, v. 31, n. 4, p. 818-821, 2008.

OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**, v. 19, p. 1-15, 2000.

PELANDA, F. M. **Obtenção e caracterização de lubrificantes a partir de óleo de fritura e óleo de soja refinado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Química Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

RINALDI, R. *et al.* Síntese de éster metílico: uma proposta contextualizada de experimento para laboratório de química geral. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1374-1380, 2007.

SAETAE, D.; SUNTORNSUK, W. Antifungal activities of ethanolic extract from *Jatropha curcas* seed cake. **Journal of microbiology and biotechnology**, v. 20, n. 2, p. 319-324, 2010.

SALIMON, J. *et al.* Improvement of pour point and oxidative stability of synthetic ester basestocks for biolubricant applications. **Arabian Journal of Chemistry**, v.5, n. 2, p.193-200, 2012.

SÁNCHEZ, M. *et al.* A comparative study of the production of esters from *Jatropha* oil using different short-chain alcohols: optimization and characterization. **Fuel**, v. 143, p. 183-188, 2015.

SANTOS, J. C. O. *et al.* Thermal degradation of synthetic lubricating oils: Part II - rheological study. **Petroleum Science and Technology**, v. 35, n. 6, p. 535-539, 2017.

WU, X. *et al.* The study of epoxidized rapeseed oil used as a potential biodegradable lubricant. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 77, n. 5, p. 561-563, 2000.