



EDUCAÇÃO CIÊNCIA E SAÚDE
<http://dx.doi.org/10.20438/ecs.v8i2.399>

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE BIOLUBRIFICANTE OBTIDO DE ÓLEO DE SOJA RESIDUAL ORIUNDO DE RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

Fernanda Raquel Dantas¹, Ivna Maria Silva de Sousa¹, Iuri Laurindo de Oliveira¹, Gleydis Manalig Pereira Dantas¹, José Carlos Oliveira Santos²

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Cuité-PB, Brasil.

² Prof Unidade Acadêmica de Biologia e Química, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité-PB, Brasil.

Email para correspondência: zecarlosufcg@gmail.com

Resumo

A utilização de combustíveis fósseis tem resultado em intensos impactos ambientais que suscitam a necessidade de desenvolver fontes de energia renováveis. Uma excelente alternativa é o desenvolvimento de fontes de energia e de produção de bens que não dependam de matérias-primas fósseis, sendo a produção de biolubrificantes a partir de matéria-prima renovável exemplo dessas alternativas. Este trabalho consistiu na produção de biolubrificantes a partir de óleo de soja residual, oriundo de um Restaurante Universitário no Campus Cuité da Universidade Federal de Campina Grande. Os materiais envolvidos no processo foram caracterizados através de suas propriedades físico-químicas. A epoxidação mostrou-se eficiente, pois o biolubrificante obtido nesta reação apresentou bom índice de iodo e elevado índice de oxigênio oxirano. O aumento da viscosidade cinemática a 40°C em relação ao éster metílico deve-se ao fato da presença de moléculas de hidroxilas no produto epoxidado. 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 do lançamento de óleo residual no meio ambiente.

Palavras-chave: óleo de fritura, biomassa, meio ambiente.

Abstract

The use of fossil fuels has resulted in intense environmental impacts that raise the need to develop renewable energy sources. An excellent alternative is the development of energy sources and the production of goods that do not depend on fossil raw materials, the production of biolubricants from renewable raw materials being an example of these alternatives. This work consisted in the production of biolubricants from waste soybean oil, from a University Restaurant at the Cuité Campus of the Federal University of Campina Grande. The materials involved in the process were characterized through their physicochemical properties. The

epoxidation proved to be efficient, as the biolubricant obtained in this reaction had a good iodine index and a high oxygen oxirane index. The increase in kinematic viscosity at 40°C compared to methyl ester is due to the presence of hydroxyl molecules in the epoxidized product. The production of biodegradable lubricants could significantly help to reduce the environmental impact of using fossil materials to produce lubricants, as well as the release of waste oil into the environment.

Keywords: frying oil, biomass, environment.

1 Introdução

As fontes de energia são essenciais à vida do homem, pois proporcionam maior qualidade de vida. Segundo Ramos et al. (2017), cerca de 80% da energia gerada no mundo é proveniente dos combustíveis fósseis, tais como carvão, petróleo e gás natural, desencadeando um problema ambiental grave. Essa questão ambiental é ocasionada principalmente porque o uso de combustíveis fósseis libera elevada quantidade de gases poluentes, como o monóxido de carbono, os quais contribuem, por exemplo, com a intensificação do efeito estufa, aumentando gradativamente o aquecimento global (SANTOS et al., 2019).

A diminuição das reservas de combustíveis fósseis, a extração, o transporte e os processos industriais de transformação do 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).

O descarte de grande quantidade do óleo de cozinha continua sendo feito de maneira inadequada, causando sérios problemas ambientais, como contaminação da água, aumento dos gastos com tratamento de esgoto, etc. Uma forma de evitar este descarte é a conscientização da população e o incentivo à prática da reciclagem. O óleo residual, seja ele proveniente de restaurantes, indústrias ou residências, pode ser utilizado na fabricação de sabão, produção de biodiesel e outros produtos biodegradáveis, como os biolubrificantes.

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; a sua produção industrial não gera substâncias danosas ao meio ambiente e, ainda, são elaborados a partir de

culturas vegetais que consomem o dióxido de carbono da atmosfera durante a fotossíntese (PIANOVSKI JÚNIOR, 2002). Apesar de ser favorável do ponto de vista energético, a utilização direta dos óleos vegetais em motores a diesel é muito problemática. 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). Daí a necessidade do seu uso após processos.

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; LATHI; MATTIASSON, 2007).

Segundo Santos et al. (2019), os lubrificantes podem ter origem mineral, sintética e de óleos vegetais. Os lubrificantes minerais são derivados do petróleo, formados basicamente por hidrocarbonetos, como as parafinas e as naftas, e podem conter traços de enxofre, nitrogênio e metais, sendo, portanto, tóxicos e prejudiciais ao meio ambiente devido à natureza não degradável. Os óleos sintéticos também são derivados petrolíferos e incluem as olefinas, outros ésteres sintéticos e polialquileno glicóis (LATHI; MATTIASSON, 2007; SALIH et al., 2011).

Os lubrificantes são utilizados entre duas superfícies em movimento relativo para formar uma película entre elas que reduz o atrito e consequentemente a geração de calor, aumentando a vida útil de seus componentes (SALIMON et al., 2011). No entanto, dependendo de sua aplicação podem exercer também a função de refrigeração, limpeza de partes móveis, vedação, isolamento, proteção, transmissão de força mecânica e até transferência de determinadas características físico-químicas a outros produtos. São muito utilizados em máquinas e como óleos para corte, porém devido aos riscos de contaminação ao meio ambiente que podem causar, estão sendo desenvolvidos lubrificantes biodegradáveis sintéticos como alternativa para os lubrificantes convencionais provenientes do petróleo. Razões ambientais e econômicas levam a utilização de óleos vegetais como lubrificantes após modificações químicas apropriadas. Esses produtos apresentam desempenho semelhante aos lubrificantes tradicionais e

apresentam as vantagens de serem oriundos de matérias-primas renováveis, menos tóxicos e mais fáceis de serem degradados no meio ambiente (EREDA, 2004; SALIMON et al., 2011).

Os biolubrificantes provenientes de óleos vegetais são formados pela junção entre as moléculas de ácidos graxos de cadeia longa e do glicerol (triglicerídeos). Os triglicerídeos naturais são facilmente biodegradados e apresentam elevada eficiência de lubrificação, contudo, apresentam limitada estabilidade térmica e oxidativa (LATHI; MATTIASSON, 2007; SALIMON et al., 2011). Para que tais características sejam atribuídas aos lubrificantes de origem vegetal, modificações químicas devem ser empregadas como a reação de transesterificação e de epoxidação.

A transesterificação mostra-se como uma opção para melhorar o desempenho dos óleos vegetais como combustíveis, sendo um processo simples onde um éster é transformado em outro através da troca de grupos alcóxidos., cujo produto denominado de éster alquílico, tem características similares ao óleo diesel obtido do petróleo (CONCEIÇÃO et al., 2009). Desta forma, a finalidade do sistema reacional é fazer com que o triglicerídeo reaja com um álcool de cadeia curta como o metanol ou o etanol em excesso, na presença de um catalisador ácido ou alcalino, produzindo uma mistura de ésteres alquílicos de ácidos graxos e glicerol.

A epoxidação de óleos vegetais tem sido utilizada na obtenção de lubrificantes biodegradáveis conferindo maior estabilidade térmica (EREDA, 2004) é uma reação de importância comercial porque os epóxidos provenientes dessas matérias-primas e do oleato de metila, produto da transesterificação deles, têm aplicações como materiais plastificantes e estabilizadores de polímeros (GOUD et al., 2006). As matérias graxas podem ser epoxidadas na forma de ésteres (principalmente ésteres metílicos), ácidos graxos ou triglicerídeos, dando epóxidos, que, por sua vez, podem ser utilizados para obtenção de diversos derivados (éter-álcoois, hidroxí-ésteres, éster-álcoois, entre outros. A epoxidação consiste na reação de um composto insaturado com um perácido. A epoxidação de derivados de óleos vegetais mais limpas, eficientes e viáveis são as duas primeiras. Em escala industrial é utilizada a epoxidação com ácidos percarboxílicos (NUNES et al., 2008). A epoxidação de óleos vegetais e/ou dos ésteres metílicos com ácido percarboxílicos é a rota

preferida em escala industrial. Ácido peracético preparado in situ usando peróxido de hidrogênio como a principal fonte de oxigênio e ácido acético como o portador de oxigênio entre as fases aquosa e oleosa são os reagentes mais utilizados (CAMPANELLA; BALTANÁS, 2007).

Os lubrificantes têm como função efetuar o controle de temperatura, proporcionando maior quantidade de energia para o sistema, protegendo contra a corrosão decorrente dos processos de oxidação, reduzindo o atrito e desgaste na junção de peças metálicas, evitando a aglutinação de impurezas, transmitindo força e movimento, aumentando à vida útil do motor (SANTOS et al., 2017). Tem se observado ainda, que apenas um quarto dos lubrificantes fósseis produzidos no mundo é reciclado, gerando uma quantidade gigantesca de resíduos tóxicos à natureza. Assim, este projeto de pesquisa foi desenvolvido com o objetivo de sintetizar um biolubrificante renovável a partir de óleo de soja residual, menos agressivo ao meio ambiente, que não contenha aditivos sintéticos, modificadores de viscosidade, inibidores de corrosão e elevada quantidade de metais pesados, visando diminuir custos de produção e minimizar impactos para os diferentes ecossistemas. O objetivo desse trabalho consistiu em obter biolubrificantes a partir do óleo residual por meio de reações de transesterificação e epoxidação.

2 Material e Métodos

2.1 Materiais

O óleo de soja residual utilizado durante o procedimento experimental foi adquirido no Restaurante Universitário situado no Campus Cuité da Universidade Federal de Campina Grande. As amostras foram coletadas, purificadas e submetidas a processos de transesterificação e epoxidação (Figura 1).



Figura 1. Processo de purificação do óleo residual.

Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

O processo de purificação do óleo residual foi feito da seguinte forma:

- a) Decantação por 30 dias após processo de coleta;
- b) Aquecimento do óleo residual de fritura à, aproximadamente, 40°C, para tornar a amostra pastosa totalmente líquida, facilitando dessa forma a segunda etapa;
- c) O resíduo foi filtrado em papel de filtro qualitativo para a remoção dos sedimentos pesados e de sólidos em suspensão usando um sistema de vácuo;
- d) O resíduo foi submetido a processo de extração.

2.2 Transesterificação do Óleo Residual

Para obtenção do éster metílico, inicialmente foi feito um cálculo da massa molar do óleo de soja residual a partir do índice de saponificação. Com o conhecimento dessa massa, foram calculadas as quantidades de álcool (metanol) e de catalisador (KOH) necessárias para a realização da reação (Figura 2).

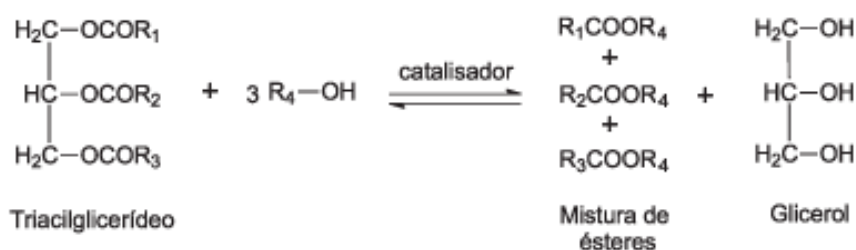


Figura 2. Reação global da transesterificação de óleos e gorduras.

Fonte: Geris et al. (2007).

A reação de transesterificação foi realizada adotando-se uma razão molar óleo/álcool (metanol) igual a 1:6 e 0,7% de catalisador (óleo/catalisador) (PELANDA, 2009), mantendo-se a temperatura em aproximadamente 45°C porque temperaturas superiores à temperatura de ebulição do metanol (60°C) podem acelerar a saponificação dos glicerídeos pelo catalisador alcalino antes da completa alcoólise (FERRARI et al., 2005) durante 1 hora. No agitador mecânico Quimis modelo Q250M2, foram adicionados uma quantidade de óleo residual purificado e vagarosamente (para não formar emulsão) uma mistura recém-preparada contendo hidróxido de potássio e metanol. Após a adição completa do catalisador e do álcool, a temperatura foi mantida em torno de 45°C durante 1 hora (Figura 3).

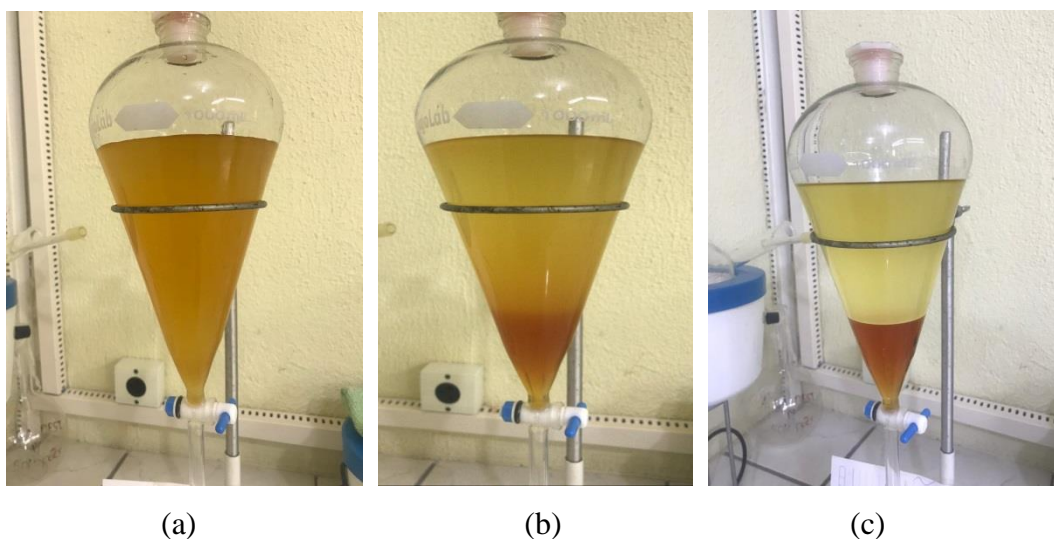


Figura 3. Processo de produção dos ésteres metílicos.

Fonte: Dados da Pesquisa, 2020.

Conforme Figura 3a, após a reação de transesterificação, a mistura reacional foi transferida para um funil de separação. Esse processo permitiu a separação das fases: superior contendo o éster metílico e inferior composta de glicerol, sabões, excesso de base e álcool (Figura 3b e 3c). Após o tempo de espera de 5 horas, a fase inferior foi retirada e armazenada num recipiente próprio.

Em seguida, foi realizada a lavagem do éster metílico com água destilada e solução de ácido clorídrico 0,01M. Foram feitas três lavagens com água destilada (retirar da fase do éster metílico resíduos de glicerol e sabões) e

duas lavagens com solução de HCl 0,01M (neutralizar o éster metílico). 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 estava presente no éster. Em seguida, a fim de remover o metanol que poderia ainda estar presente no éster, foi utilizado um evaporador rotativo. A Figura 4 mostra o processo de purificação do biodiesel metílico, onde a fase superior é o biodiesel e a fase inferior suas impurezas.



Figura 4. Processo de purificação do éster metílico.

Fonte: Dados da Pesquisa, 2020.

2.3 Epoxidação do Éster do Óleo Residual

Para a realização da reação de epoxidação (Figura5), num balão de fundo redondo de 250 mL, foram adicionados 50 g do éster metílico obtido do óleo residual, e gota a gota, 75 mL de ácido peracético comercial 15%.

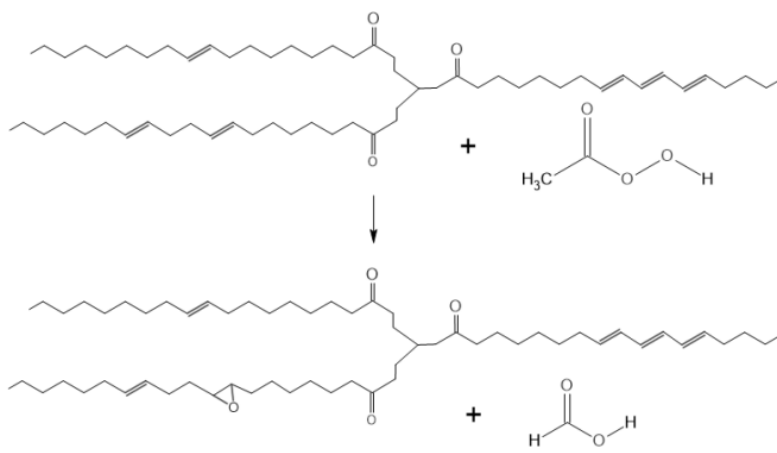


Figura 5. Reação global da epoxidação de óleos e gorduras com ácido peracético.

Fonte: Luís (2021).

A mistura ficou sobre agitação e aquecimento a 45°C em um banho de água e gelo por 1 hora (Figura 6a). As reações foram realizadas utilizando proporção molar 1:1,1 éster metílico/ácido peracético. Após o término da reação, a mistura foi transferida para um funil de separação (Figura 6b), onde permaneceu por 2 horas para decantação, e em seguida se retirou a fase inferior correspondente ao ácido acético, e a fase superior foi lavada duas vezes com 25 mL de bicarbonato de sódio 10% até o desprendimento total das bolhas devido à reação de neutralização (Figura 6c).

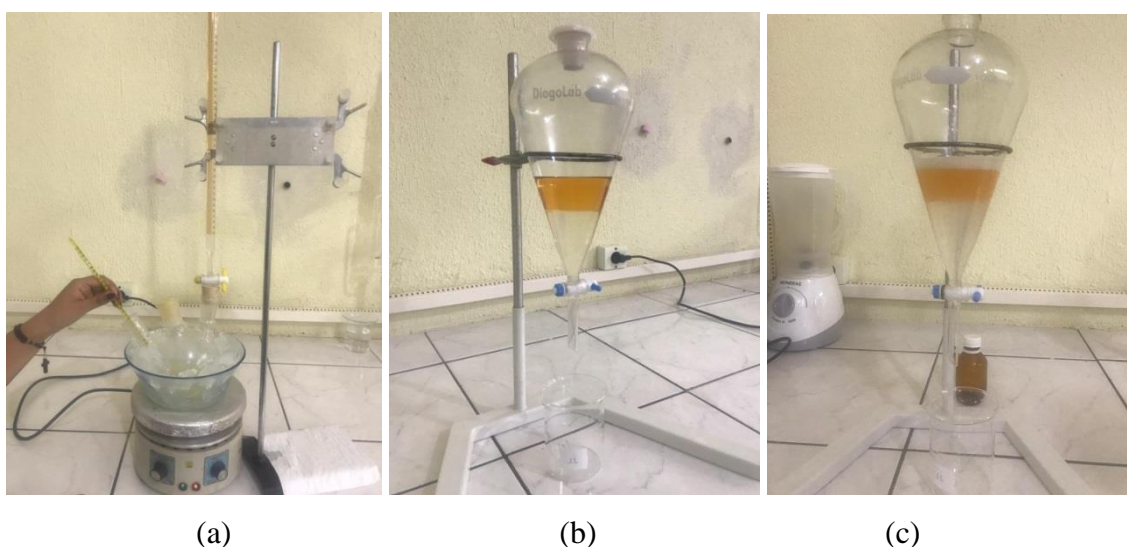


Figura 6. Processo de produção e purificação do biolubrificante.

Fonte: Dados da Pesquisa, 2020.

A fim de remover a água residual, foi adicionado sulfato de magnésio anidro a um erlenmeyer contendo o epóxido obtido de óleo residual, agitando-se vigorosamente por 5 minutos e em seguida mantendo-se em repouso durante 30 minutos (NUNES et al., 2008). Para remover o sulfato de magnésio, foi realizado filtração à vácuo.

2.4 Caracterização Físico-Química

O óleo de soja residual foi caracterizado mediante índice de acidez (AOCS Cd3d-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, densidade relativa,

teor de cinzas, teor de umidade e voláteis (AOCS Da-2a-48), viscosidade (WU et al., 2000).

Os procedimentos adotados para caracterizar o éster metílico obtido após a transesterificação foram os mesmos utilizados para caracterizar o óleo residual (WU et al., 2000).

O epóxido de éster metílico de óleo residual foi caracterizado por meio dos índices de iodo (AOCS Cd 1-25), hidroxila (AOCS Cd 13-60) e oxigênio oxirano (ASTM D 1652-97), densidade relativa, teor de cinzas, viscosidade, teor de umidade e voláteis (AOCS Da-2a-48) (WU et al., 2000).

3 Resultados e Discussão

As amostras de óleo residual de soja oriundas do Restaurante Universitário do CES/UFMG apresentaram partículas dispersas que após o período de decantação e o processo de filtração foram suprimidas. A caracterização físico-química do óleo residual com impurezas e do óleo residual filtrado está representada na Tabela 1.

O índice de acidez é a principal característica que permite verificar o estado de conservação do óleo, que está relacionado com a pureza, natureza, qualidade, tipo de processamento e condições de conservação. A partir dos dados da Tabela 1 é possível verificar que os óleos residual e filtrado apresentaram elevados índices de acidez, superiores ao limite estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Esses elevados índices de acidez são decorrentes da degradação térmica e oxidativa do óleo devido a temperatura que o óleo foi submetido no processo de fritura (CASTRO et al., 2018).

A densidade das amostras filtradas e não filtradas apresentaram densidades próximas ao óleo de soja comercial, fazendo-nos deduzir que não existem quantidades significativas de água ou impurezas que alterem a densidade da matéria-prima (ALMEIDA et al., 2011).

Para os óleos, tanto os filtrados como os não filtrados, o índice de iodo encontrado no presente trabalho confere com a faixa de índice de iodo encontrado no trabalho de Morais (2017), 10-18 g I₂/100g. O índice de iodo permite avaliar o grau de instauração dos óleos.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos da matéria-prima

Parâmetros	Óleo Residual com Impurezas	Óleo Residual Filtrado
Aspecto	Amarelado com particulados	Amarelado límpido
Umidade e Voláteis (%)	0,20	0,09
Cinzas (%)	0,58	0,05
Densidade (g/cm ³)	0,9215	0,9156
Índice de acidez (mg KOH/g óleo)	0,416	0,420
Índice de iodo (mg I ₂ /g óleo)	145	154
Teor de sabão (ppm de oleato de sódio)	0,44	0,15
Índice de saponificação (mg KOH/g óleo)	185,0	181,5
Índice de peróxido (meq/Kg)	0,01	0,05
Massa molar aproximada (g/mol)	910	927
Viscosidade Cinemática a 40°C (mm ² /s)	27,8	27,3

Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

A média do teor de umidade para o óleo filtrado foi de 0,09%. De acordo com a Instrução Normativa N° 49, a umidade óleos vegetais devem ser sempre abaixo de 0,8%, mostrando que o resultado obtido nesta pesquisa está contida no parâmetro esperado.

A elevada viscosidade cinemática das amostras de óleo indica que as moléculas de triglicerídeos presentes nos óleos dificultam o processo de fluidez. Desta forma, a reação de transesterificação foi realizada com a finalidade de retirar a molécula de glicerol do triglicerídeo e reduzir consequentemente a viscosidade do óleo melhorando sua fluidez (característica lubrificante).

A reação de transesterificação usando o óleo residual filtrado com metanol na presença de hidróxido de potássio proporcionou a obtenção da mistura de ésteres metílicos (biodiesel). O rendimento ficou em torno de 98%, um valor bem satisfatório devido a utilização de um dos álcoois mais reativos, o metanol, indicando a eficiência do processo. É importante ressaltar que existem

alguns fatores que ajudam no rendimento de uma reação, são eles: o uso de catalisador e a eficiência na separação de fases (CANDEIA, 2008).

Assim que despejado no funil de separação, a mistura reacional apresentou duas fases, uma com coloração mais clara (biodiesel) e outra com coloração mais escura (glicerina). Devido a cautela com a retirada da parte inferior da mistura reacional, foi possível ter um maior rendimento do éster metílico de óleo residual. O uso de KOH como catalisador no processo de produção de biodiesel foi mais um fator relevante no rendimento do mesmo.

Os ésteres metílicos (biodiesel) obtidos foram caracterizados de acordo com suas propriedades físico-químicas listadas na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos do éster metílico de óleo residual

Parâmetros	Resultados
Aspecto	Amarelo límpido
Umidade e Voláteis (%)	0,015
Cinzas (%)	0,02
Densidade (g/cm ³)	0,900
Índice de acidez (mg KOH/g óleo)	0,20
Índice de iodo (mg I ₂ /g óleo)	25,0
Teor de sabão (ppm de oleato de sódio)	0,22
Índice de Saponificação (mg KOH/g óleo)	203
Índice de Peróxido (meq/Kg)	0,04
Massa molar aproximada (g/mol)	998
Viscosidade Cinemática a 40°C (mm ² /s)	5,9

Fonte: Dados da Pesquisa, 2020.

Diferentemente do óleo residual, o éster metílico derivado desse óleo, apresentou índice de acidez (0,20 mg KOH/g) abaixo do limite estabelecido pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), 0,5, indicando um bom estado de conservação desse biodiesel.

A densidade relativa encontrada para o éster metílico de óleo residual (0,900 g/cm³) indica que ela está dentro do limite estabelecido pela ANP para o diesel. Essa propriedade fluidodinâmica, em elevados valores, pode levar a formação de fumaça negra e emissão de material particulado.

O índice de iodo indica o teor de insaturação do combustível, ele nos mostra a tendência que um combustível tem de se oxidar e favorecer a ocorrência de polimerização formação de depósitos de resíduos em motores a diesel. Como o valor encontrado de índice de iodo não ultrapassou o limite proposto pela ANP, fica mais improvável que o biodiesel aqui gerado, ocorra polimerização facilmente e que ocorra formação de depósitos de goma quando aplicados em motores a diesel.

Os índices de saponificação são extremamente importantes, pois nos fornecem informações sobre impurezas existentes no biodiesel. Para o biodiesel, o índice de saponificação foi maior do que o resultado encontrado para o óleo residual, nos mostrando que as impurezas insaponáveis foram reduzidas no processo de transesterificação.

O teor de umidade também é um parâmetro muito importante para definir a qualidade do biodiesel. A presença de água no biodiesel pode levar a uma reação de hidrólise, produzindo ácidos graxos livres trazendo consequentemente prejuízos para o motor. O teor de umidade obtido foi bem baixo com relação ao estabelecido pela ANP, trazendo mais um ponto positivo na utilização de biodiesel.

A análise da viscosidade cinemática do éster metílico de óleo residual permite concluir que a reação de transesterificação foi eficiente e de extrema importância para reduzir a viscosidade do óleo original (a viscosidade cinemática a 40°C encontrada para o éster metílico foi igual a 5,9 mm²/s). A análise visual da separação das fases após a reação, bem como a redução da viscosidade em relação ao óleo residual exemplificam a eficiência da transesterificação, que apresentou rendimento igual a 98%.

Os parâmetros analisados indicam que a reação de transesterificação não reduziu consideravelmente o número de insaturações do óleo residual, fazendo-se necessária a aplicação de mais uma etapa reacional, que é a epoxidação, para reduzir essas ligações.

A reação de epoxidação usando o éster metílico do óleo residual filtrado na presença de ácido peracético proporcionou a obtenção do epóxido de éster metílico de óleo residual (biolubrificante). O rendimento ficou em torno de 97%, o que indica a eficiência do processo.

O biolubrificante obtido apresentou um aspecto límpido amarelo escuro, que após o processo de lavagem apresentou clareamento na sua coloração. O epóxido de éster metílico de óleo residual (biolubrificante) obtido foi caracterizado de acordo com suas propriedades físico-químicas listadas na Tabela 3.

A densidade encontrada do epóxido foi maior do que a encontrada para o éster metílico de óleo residual. De acordo com Trajano (2013), o valor da densidade está relacionado com o aumento do teor de epóxido.

Tabela 3. Parâmetros físico-químicos do epóxido do éster metílico de óleo residual

Parâmetros	Resultados
Aspecto	Amarelo escuro límpido
Umidade e Voláteis (%)	0,06
Cinzas (%)	0,12
Densidade (g/cm ³)	0,9561
Índice de iodo (mg I ₂ /g óleo)	15,9
Índice de Peróxido (meq/Kg)	0,005
Índice de hidroxila (mg KOH/ g óleo)	23,4
Oxigênio Oxirano (%)	9,2
Viscosidade Cinemática a 40°C (mm ² /s)	10,5

Fonte: Dados da Pesquisa, 2020.

Com a reação de epoxidação, houve uma diminuição do índice de iodo com relação ao valor encontrado para o índice de iodo do biodiesel. Este resultado pode ser derivado do uso de ácido peracético concentrado. Altas concentrações de ácido peracético influenciam na redução de insaturações diminuindo conseqüentemente o valor do índice de iodo (SANTOS, 2012). Com essa diminuição do índice de iodo, pode-se descrever que ocorreu uma redução de ligações duplas para a conversão de anéis epóxidos (OLIVEIRA, 2013).

O índice de peróxido tem um papel bastante importante na determinação do grau de oxidação. Valores baixos de Índice de peróxido podem ser

derivados de uma rápida decomposição. O valor encontrado para o epóxido foi bem menor do que os resultados obtidos por vários autores, como o de Silva (2012). Porém, não extrapola o valor máximo permitido para um biolubrificante de qualidade (10 meq/Kg).

O índice de hidroxila foi utilizado para determinar se ocorreu a hidrólise do anel oxirano. Como pode ser observado na Tabela 3, o índice de hidroxila de 23,4 mg KOH/g é indicativo de que há hidroxilas no epóxido. Isso se deve ao fato da elevada concentração do ácido peracético utilizada para a reação de epoxidação. Além disso, o aumento da viscosidade cinemática do epóxido metílico (10,5 mm²/s) em relação ao éster metílico (5,9 mm²/s) é um indicativo da confirmação da reação de conversão das ligações duplas em anéis oxiranos. Provavelmente, este valor de viscosidade pode estar ainda maior devido a presença das hidroxilas, formadas pela hidrólise dos anéis oxiranos. As ligações de hidrogênio formadas entre as hidroxilas de diferentes moléculas desse composto dificultam o escoamento do epóxido e aumentam a viscosidade.

A análise de oxigênio oxirano do epóxido sintetizado igual a 9,2% indica que a reação de epoxidação foi realizada com sucesso, pois o resultado é expresso em porcentagem de oxigênio oxirano e deve ser superior a 6,3% (SANTOS, 2011).

4 Conclusões

A caracterização físico-química da matéria-prima nos fez refletir sobre a inviabilidade da reutilização do óleo de fritura em outros preparos de alimentos, levando-nos a uma conclusão de que realmente não é apropriado o reuso do mesmo neste quesito. Identificou-se que no óleo existiam produtos prejudiciais a saúde humana, como a presença de ácidos graxos livres e impurezas insaponáveis, porém o mesmo se mostra viável na produção de biodiesel e biolubrificante. Por meio da realização desse trabalho, foi possível verificar que a metodologia adotada para obtenção de um lubrificante proveniente de um óleo usado foi satisfatória. A viscosidade é uma das características principais de um lubrificante e sua determinação foi fundamental para caracterizar os produtos das etapas reacionais.

A epoxidação mostrou-se eficiente, pois o biolubrificante obtido nesta reação apresentou bom índice de iodo e elevado índice de oxigênio oxirano. O aumento da viscosidade cinemática a 40°C em relação ao éster metílico deve-se ao fato da presença de moléculas de hidroxilas no produto epoxidado.

Quanto ao custo de produção do biodiesel e do biolubrificante, este depende da fonte de matéria-prima utilizada. É possível destacar ainda que mais de 70% do custo final dessa produção é associado ao custo com matéria-prima, quando esta é cultivável. Para contornar esse problema, uma opção seria a utilização de matéria-prima residual, como o óleo residual de fritura. No entanto, é necessário verificar se o custo de coleta torna o óleo residual de fritura mais caro do que as matérias-primas cultiváveis. É imperativo ainda definir se esse custo pode ser otimizado (GUABIROBA; D'AGOSTO, 2010).

Este trabalho mostrou que é extremamente viável a utilização do óleo de soja residual do Restaurante Universitário do CES/UFCG na produção de biodiesel e biolubrificante, além de contribuir na melhoria do meio ambiente utilizando este resíduo de baixo valor comercial, altamente poluente, na produção de biocombustíveis.

5 Referências

CAMPANELLA, A.; BALTANAS, M. A. Degradation of the oxirane ring of epoxidized vegetable oils in a liquid–liquid–solid heterogeneous reaction system. **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, p. 210–221, 2007.

CANDEIA, R. A. **Biodiesel de Soja: Síntese, degradação e misturas binárias**. 2008. 120 f. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

CASTRO, S. V. F. et al. Caracterização Estrutural e Físico-Química de Biodiesel Produzido a partir de Óleo Residual do Refeitório do IFGoiano – Campus Urutaí. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 12, p. 47-50, 2018.

CONCEIÇÃO, M. M. et al. Evaluation of the oxidative induction time of the ethylic castor biodiesel. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 97, p. 643-646, 2009.

EREDA, T. **Epoxidação de óleos vegetais, visando a obtenção de lubrificantes industriais**. 2004. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2004.

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.

GERIS, R.; SANTOS, N. A. C.; AMARAL, B. A.; MAIA, I. S.; CASTRO, V. D. CARVALHO, J. R. M. Biodiesel de soja: reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1369-1373, 2007.

GOUD, V. V. et al. Epoxidation of karanja (*Pongamiaglabra*) oil by H₂O₂. **Journal of American Oil Chemist's Society**, v. 83, n. 7, p. 300-309, 2006.

GUABIROBA, R. C. S.; D'AGOSTO, M. A. O Impacto do Custo de Coleta do Óleo Residual de Fritura Disperso em Áreas Urbanas no Custo Total de Produção de Biodiesel – Estudo de Caso. In: Encontro da ANPAD, 34, 2010, Rio de Janeiro. **Anais ... Rio de Janeiro: UFRJ**, 2010. p.1-13.

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.

LATHI, P. S; MATTIASSON, B. Green approach for the preparation of biodegradable lubricant base stock from epoxidized vegetable oil. **Applied Catalysis B: Environmental Science**, v. 69, n. 5, p. 207-212, 2007.

LUIS, D. D. F. **Modelagem e simulação do processo de epoxidação de óleo vegetal**. 2021. 95 f. Dissertação (Mestrado em engenharia Química) - Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2021.

MORAIS, A. L. Caracterização da identidade e controle da qualidade de óleo vegetal, matéria-prima para produção de biodiesel. In: Workshop Agroenergia, 6, 2017, Ribeirão Preto. **Anais ... Ribeirão Preto: USP**, 2017. p. 26-31.

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.

OLIVEIRA, A. F. **Síntese e caracterização de biolubrificantes obtidos através de modificações químicas no óleo de soja refinado**. 2013. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

PELANDA, F. M. **Obtenção e caracterização de lubrificantes a partir de óleo de fritura e óleo de soja refinado**. 2009. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação no Curso Superior de Tecnologia em Química Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

PIANOVSKI JÚNIOR, G. **Utilização de misturas de óleo diesel e ésteres etílicos de óleo de soja como combustíveis alternativos: Análise do desempenho e do processo de combustão no motor diesel**. 2002. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2002.

RAMOS, L. P. et al. Tecnologias de Produção de Biodiesel. **Revista Virtual Química**, v. 9, n. 1, p. 317-369, 2017.

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.

SALIMON, J. et al. Improvement of Physicochemical Characteristics of Monoepoxide Linoleic Acid Ring Opening for Biolubricant Base *Oil*. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, v. 11, p. 1-8, 2011.

SANTOS, E. H. **Síntese e caracterização de biolubrificantes a partir do óleo de soja refinado**. 2011. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

SANTOS, J. C. O. et al. Recycling of lubricating oils used in gasoline/alcohol engines. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 137, n. 4, p. 1463-1470, 2019.

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.

SILVA, J. A. C. **Obtenção de um lubrificante biodegradável a partir de Ésteres de Biodiesel da Mamona via catálise enzimática e estudos de estabilidade oxidativa e térmica**. 2012. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

TRAJANO, M. F. **Estudo Tribológico de Biolubrificantes com adição de nanopartículas de óxidos (Zinco e Cobre)**. 2013. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

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.

6 Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil (PIBIC/CNPq-UFCG).