Síntese de biolubrificantes do óleo de mamona por catálise ácida

Raimunda Juciane Dantas de Macedo[1], Larissa Ferreira Costa[1], João Paulo Souto Saraiva[1], José Carlos Oliveira Santos[2]

[1]CursodeLicenciaturaemQuímica,UnidadeAcadêmicadeBiologiaeQuímica, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité-PB, Brasil.
[2]ProfessordaUnidadeAcadêmicadeBiologiaeQuímica,UniversidadeFederalde Campina Grande, Cuité-PB, Brasil

Resumo: O óleo de mamona destaca-se como matéria-prima renovável e sustentável devido à presença do ácido ricinoleico, à sua disponibilidade e ao potencial de aplicação industrial. Este trabalho objetivou obter biolubrificantes apartir do óleo de mamona. Inicialmente, o óleo foi submetido ao processo de transesterificação ácida para obtenção de ésteres etílicos e metílicos, conhecidos como biodiesel. Em seguida, os ésteres obtidos passaram pela reação de epoxidação ácida, formando biolubrificantes com propriedades físico-químicas aprimoradas. A pesquisa também enfatiza a importância da caracterização físico-química dos produtos sintetizados, incluindo análises de aparência, densidade, viscosidade dinâmica e viscosidade cinemática. As reações foram eficientes e os produtos obtidos mostraram-se dentro dos padrões de uso.

Palavras-chave: mamona; biodiesel; lubrificante; epoxidação; transesterificação.

INTRODUÇÃO

Desde os princípios da civilização, a busca por meios que reduzissem o desgaste e facilitem o movimento de ferramentas e máquinas acompanha o desenvolvimento humano. Entre os primeiros lubrificantes utilizados, destacam-se os óleosvegetais e animais, empregados desde a antiguidade em diferentes atividades, Nesse contexto, o óleo da mamona ganhou destaque por suas propriedades e ampla utilização ao longo da história. Como forma de amenizar os impactos causados pelas energiasfósseis, se fez necessário recorrer a outras fontes de energia, as renováveis (Ramos *et al.*, 2021). Extraído da planta mamona, uma oleaginosa conhecida a séculos, esse óleo possui origem ainda cercada de incertezas, uma vez que não há consenso sobre sua procedência exata. Assim, compreender a origem do uso do óleo da mamona permite analisar sua importância histórica e tecnológica no desenvolvimento de biolubrificante.

Geralmente os lubrificantes são compostos por uma quantidade de um óleo base, acrescido por outra em aditivos para conferir uma característica desejada (Farias *et al*., 2021). Tais carecterísticas, sejam elas estruturais e funcionais, não somente conferem ao óleo demamona algumas de suas propriedades intrínsecas, como a elevada viscosidade ou miscibilidade em álcool, mas também ativam a molécula tornando-a acessível em muitas reações químicas (Silva *et al.*, 2026). A variabilidade do óleo de rícino gera uma grande gama de produtos, isso ocorre devido a sua composição química, que tem como predominância, torno de 90% de ácido ricinoléico, além do alto teor de óleo presente no grão, fatores estes de grande importância para indústria (Mubofu, 2016). Considerado um óleo não comestível, o óleo da mamona é classificado como biocombustível de segunda geração (Macedo *et al*., 2022). Essa cultura não tem competição direta com culturas alimentares e também se desenvolvem em condições com menor rigor. Além do fato da mamona se adaptar a vários tipos de solos, condições climáticas, está acessível a baixo custo, tem uma ecosimpatia e é uma alternativa de renda, principalmente para região do Nordeste (Orozco *et al*., 2017). Podendo ser empregado, por exemplo, na indústria de cosméticos, na fabricação de sabonetes finos, xampus, óleos corporais e bronzeadores, em nosso caso na obtenção de biocombustíveis e biolubrificantes. Em climas tropicais e subtropicais, a cultura da mamona é presente em aproximadamente 15 países (Azevedo *et al*., 2007).

No Brasil, as regiões com áreas decultivo, produtividade e produção efetivas são: Nordeste (Piauí, Ceará, Pernambuco e Bahia), no Centro-Oeste (Mato Grosso), Sudeste (Minas Gerais). Por ser uma cultura muito versátil e com boa rentabilidade é considerada principalmente pela indústria e agroenergia, como um grande potencial (Oliveira, 2008).

Diante da importância da mamona, o objetivo do presente trabalho é o uso do seu óleo na indústria através de sua utilização como matéria-prima para

produção de biodiesel e biolubrificante. Apesar dos avanços, no que diz respeito ao melhoramento quanto ao manejo geral, com o intuito de um melhor rendimento final deste produto, melhor adaptabilidade a diferentes regiões e atendimento da demanda do mesmo, que será utilizado como matéria-prima para muitas outras áreas (Cruz, 2022). Assim, essa pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de sintetizar biocombustíveis e biolubrificantes a partir do óleo da mamona, por transesterificação usando catálise ácida seguida de epoxidação ácida, e comparar suas propriedades físico-químicas.

MATERIAL E MÉTODOS

O óleo de mamona utilizado, produzido por uma indústria brasileira, foi adquirido no comercio local. Por se tratar de um óleo refinado, não houve necessidade de tratamento prévio antes das reações ás quais foi submetido (Andrade; Santos, 2026). Os reagentes utilizados nas etapas de síntese e nas análises físico-químicas foram preparados seguindo metodologias analíticas adequadas, com o uso de reagentes puros, garantindo precisão e qualidade aos procedimentos realizados.

Para obtenção do biodiesel metílico, foi realizada a reação de transesterificação ácida utilizando razão em massa óleo/metanol de 1:1 e 3% de ácido sulfúrico (H_2SO_4) como catalisador, em relação à massa do óleo. A reação ocorreu sob agitação constante, à temperatura aproximada de 60ºC, durante 6 horas (Figura 1).



Figura 1. Síntese do biodiesel metílico do óleo de mamona por catálise ácida.
Fonte: Dados da pesquisa, 2026.

O mesmo procedimento foi realizado para a obtenção do biodiesel etílico, substituindo apenas o metanol por etanol. Foram mantidas as condições reacionais de temperatura, tempo de reação, proporção óleo/álcool e quantidade de catalisador (Figura 2).

génetico da cultura, ainda necessitam de ajustes



Figura 2. Síntese do biodiesel etílico do óleo de mamona por catálise ácida.
Fonte:Dados da pesquisa, 2026.

Após o término da reação e o resfriamento do sistema, a mistura foi transferida para um funil de decantação, permanecendo em repouso por 1 hora para separação das fases (Rodrigues, 2007), conforme pode-se observar nas Figuras 3 e 4.

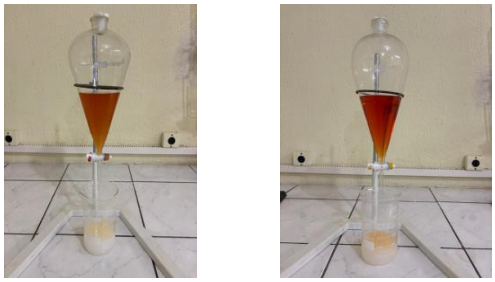


Figura 3. Decantação do biodiesel metílico do óleo de mamona via catálise ácida.
Fonte: Dados da pesquisa, 2026.



Figura 4. Decantação do biodiesel etílico do óleo de mamona via catálise ácida.
Fonte: Dados da pesquisa, 2026.

Em seguida, a fase inferior foi submetida à lavagem com água destilada quente, em temperatura aproximada de 85ºC, realizando uma lavagem para remoção de resíduos, excessos de álcool e catalisador (Figura 5).



(a) (b)

Figura 5. Lavagem do biodiesel metílico (a) e do biodiesel etílico (b) do óleo de mamona via catálise ácida.
Fonte: Dados da pesquisa, 2026.

Após a separação das fases, osésteres obtidos foram submetidos ao processo de secagem em sistema de destilação a 80ºC durante 1 hora. O produto obtido, foi armazenado em recipiente de vidro, mantido ao abrigo da luz e à temperatura ambiente para posterior realização das análises físico-químicas.

Os ésteres metilicos e os ésteres etilicos obtidos por transesterificação ácida foram submetidos á reação de epoxidação para obtenção dos biolubrificantes, realizada utilizando a proporção em massa de 1:1,1 entre éster e ácido peracético. Em um balão de fundo redondo de 500 mL, foram adicionados 120 g do éster metílico obtido e, gota a gota, 132g de ácido peracético comercial a 15%. A mistura permanceu sob agitação e aquecimento a 45ºC, em banho de água e gelo, durante 2 horas (Figuras 6 e 7).

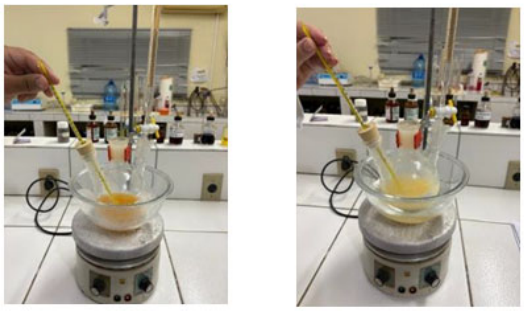


Figura 6. Síntese do biolubrificante metílico do óleo de mamona via catálise ácida
Fonte: Dados da pesquisa, 2026.



Figura 7. Síntese do biolubrificante etílico do óleo de mamona via catálise ácida
Fonte: Dados da pesquisa, 2026.

Após o término da reação, a mistura foi transferida para um funil de separação, onde foi retirada a parte inferior referente ao ácido acético (Santos *et al.*, 2021), conforme Figuras 8 e 9. A fase superior foi lavada duas vezes com 50 mL de bicarbonato de sódio a 10%, até o desprendimento total das bolhas formadas da reação da neutralização (Figuras 10 e 11).



Figura 8. Decantação do biolubrificante metílico do óleo de mamona.
Fonte: Dados da pesquisa, 2026.



Figura 9. Decantação do biolubrificante etílico do óleo de mamona.
Fonte: Dados da pesquisa, 2026.



Figura 10. Lavagem com bicarbonato de sódio do biolubrificante metílico do óleo de mamona.
Fonte: Dados da pesquisa, 2026.

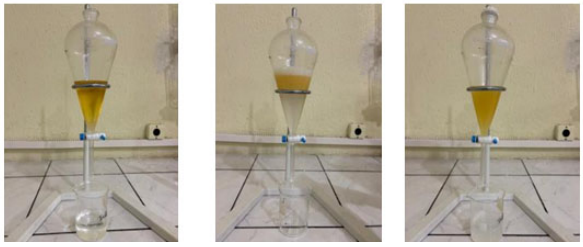


Figura 11. Lavagem com bicarbonato de sódio do biolubrificante etílico do óleo de mamona.
Fonte: Dados da pesquisa, 2026.

Para remoção da água, foi adicionado sulfato de magnésio anitro a um erlenmeyer com o epóxido obtído, realizou-se agitação por 5 minutos e repouso durante 30 minutos. Em seguida foi realizada filtração a vácuo para remoção do sulfato de magnésio, obtendo o biolubrificante final (Ramos *et al.*, 2024).

As propriedades físico-químicas analisadas foram a aparência, a densidade relativa e as viscosidades dinâmica e cinemática.

A aparência foi determinada de modo visual, comparando-se as amostras quanto a cor e a turbidez.

A densidade das amostras foi determinada utilizando um picnômetro de 25 mL. Inicialmente, o picnômetro foi preenchido com água destilada e pesado. Em seguida, o procedimento foi repetido utilizando as amostras analisadas (Silva *et al*., 2022). O cálculo da densidade foi feito de acordo com Equação (1):

$$d_X = m_X / m_{água} \qquad (1)$$

onde: d_x: densidade relativa da amostra; m_x: massa da amostra (g); $m_{água}$: massa da água (g).

A viscosidade dinâmica das amostras foi determinada utilizando um viscosímetro digital da marca Marte, modelo MDV-8, utizando o rotor nº 1 para as análises do óleo, biodieseis e biolubrificantes (Macedo *et al*., 2021). As determinações foram realizadas á temperatura ambiente, não houve necessidade de aquecimento das amostras por meio da chapa de aquecimento, a temperatura foi medida por um sensor que acompanha o produto.



Figura 12. Aparelho usado na determinação da viscosidade dinâmica das amostras.
Fonte: Dados da pesquisa, 2026.

A viscosidade dinâmica foi determinada pela relação entre a viscosidade cinemática e a densidade das amostras usando a Equação (2):

$$\nu = \eta / d \qquad (2)$$

onde: ν: viscosidade cinemática da amostra (mm^2/s); η: viscosidade dinâmica da amostra (mPa.s); d: densidade da amostra (g/cm^3).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As reações de transesterificação e epoxidação realizadas a partir do óleo de mamona permitiram a obtenção dos biodieseis e biolubrificantes metílicos e etílicos. Os rendimentos das reações estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Rendimento das reações de transesterificação e epoxidação em meio ácido.

Amostras	Rendimento
Biodiesel metílico	84,2
Biodiesel etílico	77,5
Biolubrificante metílico	96,6
Biolubrificante etílico	95,8

Fonte: Dados da pesquisa, 2026.

Os resultados mostraram que o biodiesel metílico apresentou rendimento superior ao biodiesel etílico. Isso pode estar relacionado à maior reatividade do metanol durante a transesterificação, favorecendo a formação dos ésteres metílicos (Vieira *et al*., 2026). Já os biolubrificantes apresentaram rendimentos elevados nas duas rotas avaliadas. A reação de epoxidação ocorreu de forma satisfatória, promovendo a conversão dos biodieseis em produtos com características adequadas para aplicação lubrificante (Santos *et al.*, 2026).

Após as etapas de lavagem e purificação, as amostras apresentaram aspecto homogêneo, com diferenças visíveis de coloração entre os produtos obtidos (Figura 13).

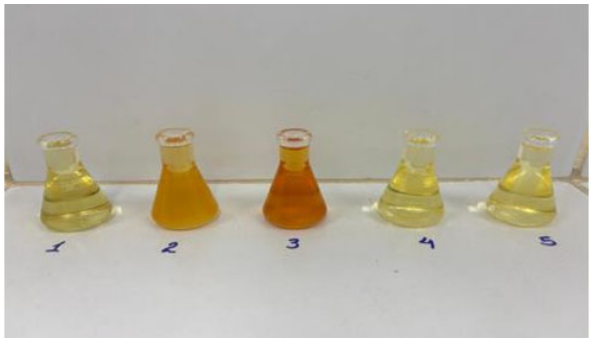


Figura 13. Aspecto das amostras (1) óleo de mamona; (2) biodiesel metílico; (3) biodiesel etílico; (4) biolubrificantemetílico e (5) biolubrificante etílico.
Fonte: Dados da pesquisa, 2026.

Os biodieseis apresentaram coloração mais intensa quando comparados ao óleo de mamona, comportamento também observado por Farias *et al*. (2021). O biodiesel etílico mostrou coloração avermelhada mais evidente, enquanto os biolubrificantes apresentaram aspecto mais claro e homogêneo após a reação de epoxidação (Tabela 2).

Tabela 2. Aspecto visual das amostras.

Amostras	Aparência
Óleo	Amarelo límpido
Biodiesel metílico	Alaranjado límpido
Biodiesel etílico	Avermelhado límpido
Biolubrificante metílico	Amarelo límpido
Biolubrificante etílico	Amarelo límpido

Fonte: Dados da pesquisa, 2026.

Enquanto a viscosidade dinâmica mede a força viscosa absoluta, a viscosidade cinemática normaliza esse valor pela densidade, tornando a viscosidade cinemática útili nos processos de lubrificação, onde o comportamento do fluxo em relação a inércia é mais importante. Estes parâmetros estão listados na Tabela 3.

Tabela 3. Propriedades físico-químicas das amostras.

Amostras	d (g/cm^3)	η (mPa.s)	ν (mm^2/s)
Óleo	0,979	212,1	216,6
Biodiesel metílico	0,951	14,5	15,2
Biodiesel etílico	0,947	16,1	17,0
Biolubrificante metílico	0,993	49,8	50,1
Biolubrificante etílico	1,002	153,5	151,7

ν: viscosidade cinemática; η: viscosidade dinâmica; d: densidade.
Fonte: Dados da pesquisa, 2026.

O óleo de mamona apresentou elevada viscosidade devido à presença do ácido ricinoleico em sua composição química,característica relatada por Silva *et al*. (2021). Após a transesterificação ocorreu redução significativa da viscosidade dos biodieseis, resultado esperado pela conversão dos triglicerídeos em ésteres.

O biodiesel etílico apresentou viscosidade ligeiramente maior que o biodiesel metílico. Já os biolubrificantes apresentaram aumento expressivo da viscosidade após a epoxidação, principalmente o biolubrificante etílico. Estudos envolvendo biolubrificantes derivados do óleo de mamona também relataram alterações nas propriedades físico-químicas após a epoxidação (FARIAS *et al*., 2021).

Esse comportamento pode estar relacionado à formação dos grupos epóxi, que aumentam as interações entre as moléculas e dificultam o escoamento do material. Os valores de densidade também indicaram modificações estruturais nos biodieseis após a reação. A etapa de epoxidação apresentou aumento significativo da viscosidade, característica importante para aplicação lubrificante. Resultados semelhantes para viscosidade e propriedades lubrificantes também foram observados por Sá e Pasa (2019).

CONCLUSÃO

Conclui-se que o processo de síntese dos biolubrificantes a partir do óleo da mamona apresentou resultados altamente satisfatórios, alcançando rendimento superior a 90% tanto para os lubrificantes etílicos quanto para o metílicos.

A utilização da transesterificação ácida seguida da epoxidação demonstrou elevada eficiência na conversão do óleo em produtos com potencial aplicação industrial.

Além do alto rendimento obtido, os biolubrificantes apresentaram propriedades físico-química adequadas, especialmente em relação á viscosidade e estabilidade, características fundamentais para sua utilização como alternativa aos lubrificantes convencionais derivados do petróleo. Dessa forma, os resultados reforçam a viabilidade do óleo de mamona como matéria-prima renovável e sustentável, contribuindo para o desenvolvimento de produtos biodegradáveis

AGRADECIMENTOS

A pesquisa desenvolvida pelo PET Química da UFCG é financiado pelo MEC/CAPES/FNDE.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. L. de; SANTOS, J. C. O. Purification and utilization of glycerol waste generated in biofuel production: a review. Brazilian Applied Science Review, [S. l.], v. 10, n. 1, p. e87047, 2026.

AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M.; SEVERINO, L. S. Manejo cultural. *In*: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. (Ed.). O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

CAMPOS, E. S. C.; SANTOS, V. M. L. Estudo do processo de extração de óleo da mamona em cooperativas do polo de São Francisco. Engevista, v. 17, n. 4, p. 477–490, 2015.

CARNEIRO, I. S. M. Características agronômicas, adaptabilidade e estabilidade de linhagens de mamona no estado de São Paulo. 2015. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) — Instituto Agronômico (IAC), Campinas, 2015.

CRUZ, J. F. S. Química e sustentabilidade: análise comparativa da obtenção de lubrificantes biodegradáveis pela epoxidação do óleo de soja comercial usado em fritura. 2022. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) — Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2022.

FARIAS, H. H.; MACEDO, A. D. M.; RAMOS, J. D. F.; SANTOS, J. C. O. Epoxidação metílica doóleo de mamona para síntese de biolubrificante. Educação, Ciência e Saúde, v. 8, n. 2, 2021.

MACEDO, A. D. M. ; SANTOS, J. C. O. Synthesis of biodegradable lubricating oils by methyl and ethyl

epoxidation of castor oil esters. International Journal of Development Research, v. 12, n. 9, p. 59024-59027, 2022.

MACEDO, A. D. M.; FARIAS, H. H.; RAMOS, J. D. F.; PEREIRA, A. M. S.; ROCHA, E. C. S. ; OLIVEIRA, I. L.; SANTOS, J. C. O. Otimização do Processo de Síntese de Biolubrificantes por Epoxidação de Óleo Residual Oriundo de Restaurante Universitário. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 12, p. 119743-119761, 2021.

MUBOFU, E. B. Castor oil as a potential renewable resource for the production of functional materials. Sustainable Chemical Processes, v. 4, n. 11, 2016.

OGUNNIYI, D. S. Castor oil: a vital industrial raw material. Bioresource Technology, v. 97, n. 9, p. 1086–1091, 2006.

OROZCO, L. M.; ECHEVERRI, D. A.; SÁNCHEZ, L.; RIOS, L. A. Second-generation green diesel from castor oil: development of a new and efficient continuous-production process. Chemical Engineering Journal, v. 322, p. 149–156, 2017.

RAMOS, J. D. F.; FREITAS, J. C. R.; SANTOS, J. C. O. Análise espectroscópica e físico-química de um lubrificante biodegradável sintetizado pela epoxidação metílica do óleo de algodão. Educação, Ciência e Saúde, n. 2, 2024.

SANTOS, D. C.; VIEIRA, F. M.; SANTOS, J. C. O. Desenvolvimento de lubrificantes biodegradáveis a partir do óleo de palma para uso na construção civil. Educação, Ciência e Saúde, Cuité, v. 13, n. 1, p. e743, jan-jun 2026.

SILVA, Á. S. G.; SOUZA, D. S.; SANTOS, D. C.; SOUZA, M. R. F.; SANTOS, J. C. O. Synthesis of Biodiesel and Biolubricant using Sweet Almond Oil (Prunus Dulcis). Academic Journal of Engineering Studies, v. 4, n. 2, p. 585, 2026.

SILVA, C. C. M.; MORAES, L. C. K.; SANTOS JÚNIOR, J. R.; CASTRO, T. L. A. Redução da viscosidade do biodiesel de Ricinus communis L. (mamona) por acetilação química. Brazilian Journal of Production Engineering, v. 7, n. 3, 2021.

SILVA, C. C.; CONCEIÇÃO, M. M.; SANTOS, J. C. O. Obtaining biofuel from rice bran oil as energy alternative: Thermal and oxidative stability. International Journal of Development Research, v. 12, n. 6, p. 56425-56429, 2022.

VIEIRA, F. M.; SANTOS, D. C.; CRUZ, J. F. S.; FREITAS, J. C. R.; SANTOS, J. C. O. Desafios da Sustentabilidade Ambiental: Obtenção de Lubrificantes Biodegradáveis do Óleo de Algodão Para Uso na Construção Civil. Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica, Brasil, v. 5, n. 23, jan 2026.