

PROMOVENDO A AUTOSSUFICIÊNCIA ENERGÉTICA: PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE FORMA ACESSÍVEL E SUSTENTÁVEL

PROMOTING ENERGY SELF-SUFFICIENCY: PRODUCING BIODIESEL IN AN ACCESSIBLE AND SUSTAINABLE WAY

Danyelle Rios Ferreira¹
Maria Eduarda Alves Todesco²
Maria Isabel dos Santos Alves³
Alex Franco Ferreira⁴
Sandro Pereira Ribeiro⁵

RESUMO: Com a transição para fontes de energia sustentáveis é notório a importância da mitigação dos efeitos maléficos das fontes de energia não renováveis e promover a autossuficiência energética. As fontes de energia não renováveis, como os combustíveis fósseis, não só contribuem significativamente para a degradação ambiental, mas também compactuam com a dependência de recursos finitos. Entretanto, a produção de biodiesel oferece uma solução renovável e ecológica, reduzindo as emissões de gases com efeito de estufa e promovendo a segurança energética. No entanto, a adoção generalizada do biodiesel tem sido dificultada pelas complexidades tecnológicas e pela acessibilidade limitada aos métodos de produção. Este artigo propõe uma solução para melhorar a acessibilidade à produção de biodiesel através do desenvolvimento de um protótipo manual, por uma coleta de dados da literatura e testes feitos em campo, com a participação de voluntários, sob a vigilância de profissionais capacitados, foi desenvolvido um protótipo para atender os objetivos aqui propostos, utilizando-se de 6 etapas para que desenvolvimento fosse realizado de forma controlada e assertiva. Ao simplificar o processo de produção, os indivíduos e as comunidades podem envolver-se ativamente na produção de biodiesel, promovendo a autossuficiência energética a nível popular. O protótipo do manual oferece uma abordagem econômica e fácil de utilizar, permitindo às comunidades aproveitar os recursos locais e reduzir a dependência de fontes de energia centralizadas. No geral, promover a produção de biodiesel como uma solução energética acessível e sustentável é crucial para promover a autossuficiência energética e mitigar os impactos ambientais das fontes de energia não renováveis. Através de abordagens inovadoras e de iniciativas comunitárias, pode-se capacitar os indivíduos para contribuir para um futuro mais verde e sustentável.

1837

Palavras-chave: Biodiesel. Protótipo. Sustentabilidade. Autossuficiência energética.

¹Graduanda em Engenharia Química. Universidade de Vassouras.

²Graduanda em Engenharia Química. Universidade de Vassouras.

³Graduanda em Engenharia Química. Universidade de Vassouras.

⁴Mestre Professor orientador. Universidade de Vassouras.

⁵Pós-doutor em Química. Professor Adjunto da Universidade de Vassouras-RJ.

ABSTRACT: With the transition to sustainable energy sources, it is clear that it is important to mitigate the harmful effects of non-renewable energy sources and promote energy self-sufficiency. Non-renewable energy sources, such as fossil fuels, not only contribute significantly to environmental degradation, but also contribute to dependence on finite resources. Meanwhile, biodiesel production offers a renewable and environmentally friendly solution, reducing greenhouse gas emissions and promoting energy security. However, the widespread adoption of biodiesel has been hampered by technological complexities and limited accessibility to production methods. This article proposes a solution to improve the accessibility of biodiesel production through the development of a manual prototype. By collecting data from the literature and carrying out tests in the field, with the participation of volunteers, under the supervision of trained professionals, a prototype was developed to meet the objectives proposed here, using 6 stages so that development could be carried out in a controlled and assertive manner. By simplifying the production process, individuals and communities can become actively involved in biodiesel production, promoting energy self-sufficiency at grassroots level. The prototype manual offers a cost-effective and user-friendly approach, allowing communities to take advantage of local resources and reduce dependence on centralized energy sources. Overall, promoting biodiesel production as an affordable and sustainable energy solution is crucial to promoting energy self-sufficiency and mitigating the environmental impacts of non-renewable energy sources. Through innovative approaches and community initiatives, individuals can be empowered to contribute to a greener and more sustainable future.

Keywords: Biodiesel. Prototype. Sustainability. Energy self-sufficiency.

INTRODUÇÃO

Atualmente, visando a preservação do ambiente e da natureza para futuras gerações, cada vez mais iniciam-se debates sobre o consumo e utilização sustentável dos recursos (Rio+20, 2012). Neste cenário, tem-se estudado métodos alternativos para o consumo de combustíveis fósseis finitos, os quais já se tem consciência e estudos sobre a degradação que causam para o planeta de forma geral.

Sendo que, como um destes principais recursos, existe o petróleo, que é extensivamente utilizado no mercado atual, seja para produção de plástico ou de combustível, possuindo uma grande gama de derivados que são efetivamente utilizados e apresentam alta dificuldade de substituição, seja por quesito financeiro ou por restrições tecnológicas.

Como exemplo, é possível citar a utilização do diesel ou da gasolina, que são referidos por Gauto (2016) como hidrocarbonetos que se originam da destilação fracionada do petróleo, como combustível, não somente por carros, mas também por máquinas de grande porte, além disso estes compostos ao serem comburidos liberam compostos maléficis (óxidos de nitrogênio, óxidos de carbono e dióxido de enxofre) tanto à natureza quanto ao ser humano, se for inalado.

Já existem substituintes no mercado para os supracitados, como o carro elétrico, que apesar de ser uma grande inovação tecnológica, continua sendo inacessível para grande parte da população.

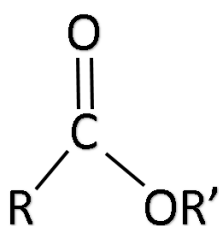
Este artigo, tem por sentido disponibilizar um método simplificado para produzir um destes substitutos, o biodiesel, de forma que seja possível realizar a fabricação caseira, para consumo próprio, através do protótipo de um produto, que visa facilitar e diminuir os riscos que são relacionados ao processo caseiro, além de oferecer uma solução prática e econômica.

Para que a produção fosse alcançada com sucesso, foram realizadas 6 etapas para a elaboração, teste e melhorias do protótipo, conforme o necessário, sendo elas: O design inicial, a construção, os ajustes, testes iniciais, análise da eficiência e a avaliação do desempenho, juntamente com os ajustes finos necessários.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O biodiesel é um composto orgânico, que como dito por Nelson (2022), é classificado como éter, a qual se define como uma função que possui além de carbono e hidrogênio, um oxigênio, a tornando heterogênea (Figura 1). Os compostos orgânicos são definidos pela presença de cadeias de carbono e hidrogênio, podendo ou não conter outros elementos, sendo classificados pelo seu tamanho, ligações e composição.

Figura 1 – Fórmula química genérica dos éteres

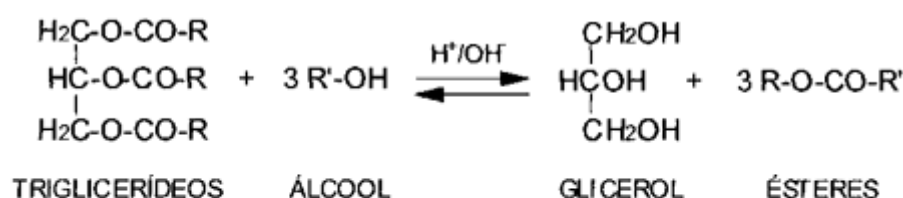


Fonte: Dos Autores, 2024

A produção do biodiesel se dá através da transesterificação ou esterificação (Figura 2), a qual é uma reação de transformação de triglicerídeos ou ácidos graxos, nomenclatura química dos já conhecidos óleos, que possuem maior peso molecular, em éteres, as quais podem ser

definidas como partes menores de um ácido graxo, e sendo assim, possuem menores pesos moleculares (RAMOS, L. P. *et al.*, 2017).

Figura 2 – Reação de transesterificação do genérica, representando a formação de gliceróis (glicerina) e ésteres (biodiesel)



Esquema 2. Transesterificação de triacilgliceróis (triglicerídeos), onde *R* representa a cadeia carbônica dos ácidos graxos e *R'*, a cadeia carbônica do álcool reagente¹⁹.

Fonte: Pedro R. Costa Neto et al., 2000

Como explicado por Linstromberg (1970), as reações químicas, possuem dois sentidos, reagentes, que reagem para gerar o produto desejado, e os produtos, que podem ser compostos desejados ou indesejados, sendo estes denominados de subprodutos. Para que qualquer reação seja executada, é necessário fornecer energia, de modo que o sistema seja retirado da inércia, esta energia pode ser fornecida naturalmente pelos compostos ou pelo ambiente, porém existem casos em que é preciso uma quantidade energética ou um tempo muito grande para a execução espontânea.

Nestes casos, como explicitado por Ramos (2017), é utilizado um artifício, denominado catalisador, que diminui a quantidade de energia necessária para que a reação ocorra, diminuindo assim a energia de ativação, e facilitando a produção em escala industrial. A reação de transesterificação do biodiesel se encaixa nestes fatores, sendo necessário a utilização do hidróxido de sódio, mais conhecido como soda cáustica, para acelerar e possibilitar sua realização em escala industrial de forma viável, financeira e energeticamente.

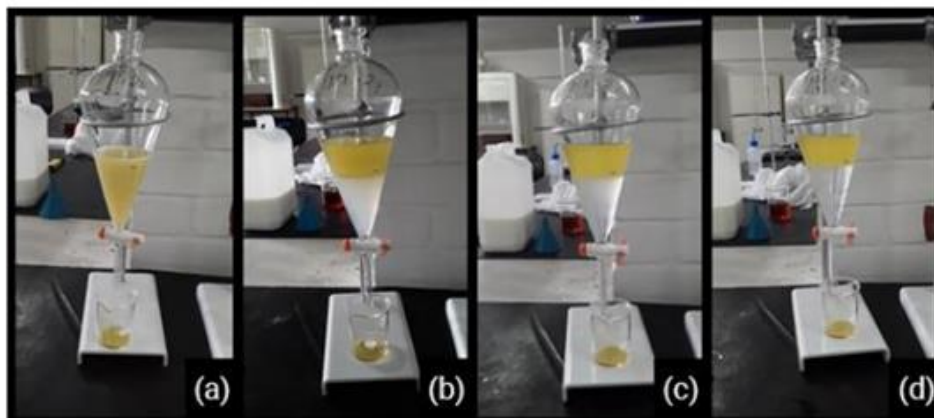
Durante a produção, não ocorre apenas a reação de transesterificação, podendo também ocorrer a saponificação, que é a geração de sabão a partir do óleo, elas são consideradas reações concorrentes, que disputam os reagentes, podendo prejudicar o rendimento total, por isto é muito importante a limpeza do óleo e controle dos reagentes, pois um dos fatores favoráveis a saponificação é a existência de água em excesso no meio.

Além disso, a reação de geração do biodiesel também gera um produto coadjuvante, a glicerina, considerada um subproduto do processo, indesejado no combustível gerado, mesmo que possa ser utilizada para outros fins, como até mesmo a produção de sabão, porém, como não é desejada no produto final, é necessário separá-la, podendo ser realizada através da decantação (BARROS et al., 2021).

Uma forma simplificada de entender o que é decantação, pode ser resumido como deixar a gravidade agir nos líquidos, através da diferente densidade do óleo e da glicerina, eles naturalmente se separam com o tempo (Figura 3), contanto que sejam deixados em inércia, assim como uma mistura de óleo e água. Para a obtenção de um produto ainda mais puro, é possível fazer uma purificação, a qual é feita uma lavagem do biodiesel utilizando uma solução que tenha capacidade de reter as impurezas, porém este processo não é obrigatório, e foge dos objetivos deste trabalho, por ser mais difícil de realizar e necessitar produtos de difícil acesso (GONÇALVES, 2016).

Figura 3 – Decantação da glicerina contida no biodiesel realizada em laboratório

Processo de lavagem de biodiesel: a) primeira lavagem, ainda em processo de decantação; b) terceira lavagem; c) quinta lavagem; d) sétima lavagem



Fonte: RICARDO LUÍS DOS SANTOS PINHEIRO, 2020.

PRODUÇÃO CASEIRA DE BIODIESEL

A produção caseira de biodiesel é baseada no processo de transesterificação, que envolve a reação de óleos vegetais ou gorduras animais com um álcool (geralmente metanol ou etanol) na presença de um catalisador (usualmente o hidróxido de sódio). O resultado dessa reação são ésteres metílicos ou etílicos, que constituem o biodiesel, e glicerina, que é um subproduto (MITTELBACH & REMSCHMIDT, 2005).

O processo pode ser dividido em três etapas principais:

1. **Preparação dos Ingredientes:** Segundo Demirbas, 2009, a primeira etapa envolve a coleta e filtragem do óleo a ser utilizado. É crucial remover impurezas e partículas para evitar problemas durante a reação, principalmente a presença de água em excesso que poderia fazer com que a reação fosse de saponificação (gerando sabão), ao invés de transesterificação.

2. **Reação de Transesterificação:** O óleo é misturado com o álcool e o catalisador. A reação é geralmente realizada em um reator com aquecimento e agitação controlados para maximizar a eficiência da conversão (KNOTHE, 2010).

3. **Separação e Purificação:** Após a reação, o biodiesel e a glicerina se separam devido às suas diferenças de densidade. O biodiesel é então lavado para remover impurezas e resíduos do catalisador, e posteriormente seco (Gómez et al., 2013).

Para que seja possível realizar todas as etapas citadas de forma eficiente, o desenvolvimento e a avaliação do protótipo para a produção caseira envolvem uma abordagem integrada que abrange a praticidade da construção, bem como a análise da eficiência do processo. A metodologia empregada neste estudo é descrita a seguir:

1. **Design do Protótipo:** O design inicial do protótipo foi baseado em uma revisão das tecnologias existentes e utilizadas para a produção de biodiesel em pequena escala, como em laboratórios. Foram considerados aspectos como simplicidade, custo, facilidade e segurança. O protótipo foi projetado para substituir a agitação manual durante a produção.

2. **Construção do Protótipo:** Sua construção envolveu a seleção de materiais apropriados e de fácil acesso, de modo que pudesse ser reproduzido facilmente. Tendo sido projetado para garantir a mistura dos reagentes sem riscos e sem perda de eficiência. E a montagem foi realizada utilizando-se de ferramentas comuns, como fita isolante e serrote.

3. **Ajustes:** Após a construção, foram executados testes preliminares, realizados para verificar a integridade do sistema e identificar possíveis melhorias no design, analisando riscos que poderiam vir a existir.

4. **Procedimento Experimental:** Para a produção de biodiesel, foi utilizado óleo de cozinha residual, previamente limpo, através de uma peneiração e aquecimento. Uma panela de aço inox, necessitando ser inox por causa do catalisador usado que é corrosivo a alumínio, foi carregada com 1 litro de óleo e uma solução de metanol e catalisador (hidróxido de sódio). O processo de transesterificação foi conduzido a uma temperatura controlada de 60°C por 1 hora, tendo o aquecimento sendo feito por um fogão, para a simulação ocorrer de forma mais precisa.

Após o processo, o biodiesel foi separado da glicerina utilizando um sistema de decantação feito com uma garrafa pet adaptada com encaixe de torneira, seguindo a ideia inicial de ser possível reproduzir em casa.

5. **Análise da Eficiência do Protótipo:** A eficiência do protótipo foi avaliada com base em vários parâmetros, incluindo a taxa de conversão de óleo em biodiesel e o tempo total do processo. Foram realizados testes para comparar o biodiesel produzido com o encontrado no mercado, como o teste de viscosidade e queima.

6. **Avaliação do Desempenho e Ajustes Finais:** O desempenho foi avaliado em termos de facilidade de uso, segurança e eficiência. As observações feitas durante os testes foram usadas para realizar ajustes finais no design e melhorar a funcionalidade do mecanismo. Foram coletados feedbacks de usuários para identificar áreas de melhoria e adequação para produção caseira.

Os dados obtidos durante os testes foram analisados para avaliar a consistência e a eficácia do projeto. Os resultados, forneceram uma base para a discussão sobre a viabilidade e a praticidade da produção caseira utilizando o protótipo em andamento.

DISCUSSÃO E RESULTADOS

1843

Em um primeiro momento, o protótipo foi executado da forma mais básica, sendo feito apenas para testar os materiais no meio que seriam utilizados. Tendo como principais componentes:

- Cano de PVC cortado (3/4" x 200mm)
- Motor de carrinho de brinquedo (Mini Motor CC Dc 3V a 6V)
- Fita isolante
- Fios para eletricidade (1,0mm²)
- Uma pilha (AA, 1,5V)
- Colher de silicone

Para definir os materiais foi considerado qualidade e resistência, além da facilidade de acesso e baixo custo (Quadro 1).

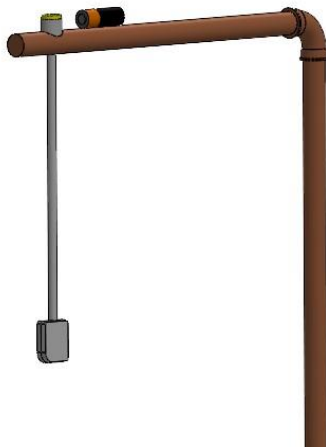
Quadro 1 – Gastos aproximados para a execução do protótipo

Gastos Calculados		
Material	Valor total	Valor do material utilizado
Cano de PVC cortado (3/4" x 200mm)	R\$ 54.50	R\$ 28.00
Motor de carrinho de brinquedo (Mini Motor Cc Dc 3v A 6v)	R\$ 25.00	Não houve gasto, reutilizado de um brinquedo
Fita isolante	R\$ 4.00	R\$ 1.30
Fios para eletricidade (1,0mm ²)	R\$ 10.00	R\$ 1.00
Uma pilha (AA, 1,5V)	R\$ 9.00	R\$ 9.00
Colher de silicone	R\$ 15.00	R\$ 15.00
Total	R\$ 117.50	R\$ 54.30

Fonte: Dos Autores, 2024.

Após os testes, e tendo-se obtido a confirmação de que todos os materiais suportariam serem expostos a 60°C por 1 hora, foram iniciados os testes com o primeiro protótipo, representado na Figura 4. Ao ser submetido ao esforço de 5 produções em sequência, notou-se que o Protótipo 1, era muito instável, possuindo risco de queda e não aguentando a sua própria vibração causada pela agitação.

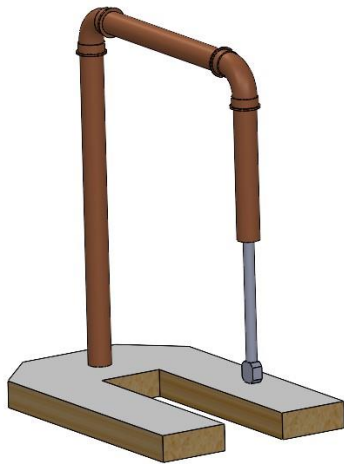
Figura 4: Representação 3D do primeiro protótipo feito.



Fonte: Dos Autores, 2024.

Para solucionar o problema relatado no Protótipo 1, foi desenvolvido um segundo protótipo, utilizando uma base de madeira com encaixe para o cano de PVC (Figura 5), porém ao serem realizados os testes, foi relatado que após uso consecutivo, a base de madeira começava a empretecer por causa do fogo, e que dependendo de seu posicionamento e tamanho, poderia entrar em contato com a chama do fogão e pegar fogo.

Figura 5: Representação 3D do segundo protótipo.



Fonte: Dos Autores, 2024.

Como resolução para tal, foi executada uma alteração na base de madeira, fazendo com que ao invés de ser um encaixe para a panela permitindo o equilíbrio pelo peso, ela fosse de tamanho suficiente para o equilíbrio, porém mais afastada da boca do fogão, não envolvendo a panela (Figura 6). Por todo o mecanismo ter sido projetado para o fogão no qual os testes se realizaram, as medidas usadas foram as compatíveis com o modelo e fogão usado, sendo necessário ajustes nas medidas para cada modelo, que podem ser feitos no momento da construção.

1845

Figura 6: Representação 3D do protótipo final.



Fonte: Dos Autores, 2024.

Ao final dos testes executados ao terceiro protótipo, conclui-se que ele era satisfatório e atendia a todas as propostas, podendo ser melhorado, porém com eficiência já suficiente para sua utilização.

CONCLUSÕES

Este artigo, apresentou uma maneira simplificada para a produção do biodiesel, de forma a se tornar possível a fabricação caseira, para consumo próprio, através do protótipo do produto supracitado, que visou facilitar e diminuir os riscos que são relacionados ao processo caseiro, além de oferecer uma solução prática e econômica.

Determinou-se que ainda são necessárias melhorias, que auxiliem a maior precisão no processo, como controle na agitação ou medição de temperatura, podendo ser executadas e planejadas em um trabalho posterior, para evitar desperdícios ou erros. Porém, o protótipo atende ao planejamento original, fornecendo uma agitação com materiais de fácil obtenção, e podendo ser realizado de forma prática em casa, suprimindo o previsto.

REFERÊNCIAS

BARROS, Talita Delgrossi; JARDINE, José Gilberto. **Transesterificação**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel/tecnologia/transesterificacao>. Acesso em: 14 set. 2024.

1846

COSTA NETO, Pedro R. *et al.* **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras**. *Química Nova*, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 531-537, ago. 2000. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422000000400017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/ft8DCzYHxMPYK9yv7RCJzgr/#ModalTutors>. Acesso em: 18 maio 2024.

Chen, Yisong & Ma, Jinqiu & Han, Bin & Zhang, Peng & Hua, Haining & Chen, Hao & Su, Xin. (2018). **Emissions of automobiles fueled with alternative fuels based on engine technology: A review**. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. 5. 10.1016/j.jtte.2018.05.001.

Demirbas, A. (2009). **Biofuels: Securing the Planet's Future Energy Needs**. Springer.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Biodiesel**. Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/combustiveis/biodiesel.htm>. Acesso em: 17 ago. 2011.

GAUTO, Marcelo A.; APOLUCENO, Daniela M.; AMARAL, Messias C.; et al. **Petróleo e gás: princípios de exploração, produção e refino (Tekne)**. Porto Alegre: Grupo A, 2016. E-

book. ISBN 9788582604021. Disponível em:
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582604021/>. Acesso em: 14 set. 2024.

Gómez, J. A., et al. (2013). **Biodiesel Production from Algae: A Review. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 23, 637-645.

GONÇALVES, Aline Lobato. **SIMULAÇÃO DA SEPARAÇÃO E PURIFICAÇÃO DO BIODIESEL DE ÓLEO DE PALMA COM CO₂ SUPERCRÍTICO**. 2016. 114 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pósgraduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016. Disponível em:
<https://ppgeq.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2016/Aline%20Lobato%20Goncalves/dissertação%20aline%20CD.pdf>. Acesso em: 26 maio 2024.

Knothe, G. (2010). **Biodiesel and Renewable Diesel: A Comparison. Progress in Energy and Combustion Science**, 36(3), 353-363.

LINSTROMBERG. **Organic Chemistry: a brief course**. 3. ed. Canadá: D. C. Heath And C, 1974. Disponível em:
<https://archive.org/details/organicchemistry0003lins/page/n7/mode/zup?view=theater>. Acesso em: 13 abr. 2024.

MARIANO, Jacqueline Barboza. **IMPACTOS AMBIENTAIS DO REFINO DE PETRÓLEO**. 2001. 289 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Ciências em Planejamento Energético, Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coppe, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em:
https://web.archive.org/web/20180513163235id_/http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/jbmariano.pdf. Acesso em: 14 set. 2024. <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2020/07/Diesel.pdf>

1847

Mittelbach, M., & Remschmidt, C. (2005). **Biodiesel: Production and Utilization**. Springer.

Munack, A. (2006), Books: **Biodiesel – A comprehensive handbook**. Martin Mittelbach, Claudia Remschmidt (Ed.). *Biotechnology Journal*, 1: 102-102. <https://doi.org/10.1002/biot.200690003>

NELSON, D.L.; COX, M.M. Lipídeos. In: NELSON, D.L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, p. 343 - 370. 2011.

PINHEIRO, Ricardo Luís dos Santos. **PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM ÓLEO RESIDUAL E ROTA ETÍLICA COM REMOÇÃO DO EXCESSO DE ETANOL**. 2021. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de O Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Centro de Tecnologia e Geociências, A Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021. Disponível em:
<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/45665/1/DISSERTAÇÃO%20Ricardo%20Luís%20dos%20Santos%20Pinheiro.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2024.

RAMOS, Luiz P.; KOTHE, Vinícius; CÉSAR-OLIVEIRA, Maria Aparecida F.; MUNIZ-WYPYCH, Aline S.; NAKAGAKI, Shirley; KRIEGER, Nádia; WYPYCH, Fernando; CORDEIRO, Claudiney S.. **Biodiesel: raw materials, production technologies and fuel properties**. *Revista Virtual de Química*, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 317-369, 2017. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20170020>. Disponível em:
https://web.archive.org/web/20180513163235id_/http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/jbmariano.pdf. Acesso em: 15 jun. 2024.