



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias

Elisa Pereira de Carvalho

**Uma revisão sobre biodiesel, suas propriedades e sua relação com a
corrosão dos materiais metálicos**

Rio de Janeiro

2022

Elisa Pereira de Carvalho

Uma revisão sobre biodiesel, suas propriedades e sua relação com a corrosão dos materiais metálicos

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Materiais, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Materiais.

Orientadora: Prof.^a Dra. Ana Isabel de Carvalho Santana

Coorientadora: Prof.^a Dra. Neyda de La Caridad Om Tapanes

Rio de Janeiro

2022

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CZO

C331 Carvalho, Elisa Pereira de

Uma revisão sobre biodiesel, suas propriedades e sua relação com a corrosão dos materiais metálicos/ Elisa Pereira de Carvalho– 2022.
63 f.

Orientadora: Ana Isabel de Carvalho Santana
Coorientadora: Neyda de laCaridad Om Tapanes

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais.

1. Ciência e Tecnologia de Materiais – Teses. 2. Biodiesel – Teses. 3. Corrosão em biodiesel - Teses. 4. Materiais metálicos – Teses. I. Santana, Ana Isabel de Carvalho. II. Tapanes, Neyda de laCaridad Om. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Ciências Exatas e Engenharia. IV. Título.

CDU 620

Bibliotecária: Rosana Maria dos Passos – CRB 7 4908

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Elisa Pereira de Carvalho

Uma revisão sobre biodiesel, suas propriedades e sua relação com a corrosão dos materiais metálicos

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Materiais, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 30 de março de 2022.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Ana Isabel de Carvalho Santana (Orientadora)
Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias – UERJ

Profa. Dr. Neyda de La Caridad Om Tapanes (Coorientadora)
Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias – UERJ

Profa. Yordanka Reyes Cruz
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Profa. Dr. Wilma Clemente de Lima Pinto
Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias – UERJ

Rio de Janeiro

2022

AGRADECIMENTOS

À Deus em primeiro lugar, pois este título Ele quis para mim. Tudo vem Dele e tudo é para Ele.

Quero agradecer aos meus pais (Elias e Maria Aparecida), meu esposo (Rodrigo) e meus irmãos (Helena, Elísio e Heloísa) por ser uma família que sempre me ajudou e me incentivou.

Agradecer a minha professora Roberta Magalhães que foi minha inspiração para fazer o mestrado.

A minha querida orientadora Ana Isabel de Carvalho Santana que desde o primeiro dia que a conheci me ajudou e me ajuda até hoje.

A minha querida professora Neyda de La Caridad pela orientação e cooperação sobre os estudos do biodiesel.

Agradecer a minha colega de turma Natália Cerqueira que me ajudou em momentos importantes deste trabalho.

A empresa a qual eu trabalho SH por incentivar os seus funcionários a estudarem.

À Deus toda honra!

RESUMO

CARVALHO, Elisa Pereira de. *A review of biodiesel, its properties and relationship with the corrosion of metallic materials*. 2022. 61 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Materiais) – Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma revisão da literatura de estudos do biodiesel e seu comportamento em contato com materiais metálicos. Sabe-se que o biodiesel é um biocombustível que tem sido utilizado ao redor do mundo como alternativa de substituir o diesel. Uma das vantagens do biodiesel é ele ser um ótimo lubrificador, fazendo com que o desempenho e longa durabilidade do motor seja maior. A desvantagem do biodiesel é a falta de estabilidade oxidativa, fazendo com que problemas de desgastes em metais, materiais que são feitos os motores e tanques de armazenamento, sofram ao longo do tempo. Os altos custos com a produção do biodiesel também é um complicador neste tipo de energia. Atualmente muitos trabalhos têm sido desenvolvidos para encontrar variedades de matérias-primas para diminuir estes custos, já que de 60-80% do custo é com a matéria prima. A dissertação se baseia numa revisão bibliográfica utilizando algumas ferramentas da revisão sistemática. Representando um compilado de 33 trabalhos científicos que apresentou como resultados os artigos publicados nos últimos 15 anos relacionando o comportamento do biodiesel com materiais metálicos. O número de publicações por ano e os países que mais publicaram sobre o assunto: destaque para o Brasil e Malásia. Estratificação dos periódicos que publicaram estes artigos. A distribuição temporal dos metais utilizados nos artigos, pode-se observar o crescente interesse por ligas metálicas como alumínio e ligas de aço. Estudos apresentaram como opções o uso de antioxidantes naturais como alternativas para o problema da estabilidade oxidativa do biodiesel.

Palavras-chave: Biodiesel. Corrosão em biodiesel. Antioxidantes em biodiesel. Materiais metálicos.

ABSTRACT

CARVALHO, Elisa Pereira de. *A review of biodiesel, its properties and relationship with the corrosion of metallic materials*. 2022. 61 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Materiais) – Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

The objective of this work is to present a literature review of biodiesel studies and its behavior in contact with metallic materials. It is known that biodiesel is a biofuel that has been used around the world as an alternative to replace diesel. One of the advantages of biodiesel is that it is a great lubricator, increasing the performance and long life of the engine. The disadvantage of biodiesel is the lack of oxidative stability, causing wear problems in metals, materials that engines and storage tanks are made of, to suffer over time. The high costs of producing biodiesel is also a complicating factor in this type of energy. Currently, many works have been developed to find varieties of raw materials to reduce these costs, since 60-80% of the cost is with the raw material. The dissertation is based on a literature review using some systematic review tools. Representing a compilation of 33 scientific works that presented as results the articles published in the last 15 years relating the behaviour of biodiesel with metallic materials. The number of publications per year and the countries that published the most on the subject: Brazil and Malaysia stand out. Stratification of journals that published these articles. The temporal distribution of the metals used in the articles, one can observe the growing interest in metal alloys such as aluminium and steel alloys. Studies have presented as options the use of natural antioxidants as alternatives to the problem of oxidative stability of biodiesel.

Keywords: Keywords: Biodiesel. Corrosion in biodiesel. Antioxidants in biodiesel. Metallic materials.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Análise de conjuntura dos biocombustíveis ano 2020.....	15
Figura 2 -	Evolução da mistura do biodiesel no diesel no Brasil	16
Figura 3 -	Seminário de avaliação do mercado de combustível 2021.....	16
Figura 4 -	Matérias-primas utilizadas na produção do biodiesel 2021.....	19
Figura 5 -	Matérias-primas para obtenção do biodiesel.....	19
Figura 6 -	Mistura das matérias-primas com a temperatura controlada.....	20
Figura 7 -	Processo de lavagem do biodiesel.....	21
Figura 8 -	Processo de separação do biodiesel e glicerina.....	21
Figura 9 -	Processo de secagem do biodiesel.....	22
Figura 10 -	PetroOxy IP de biodiesel contendo diferentes aditivos antioxidantes em concentrações diferentes junto com os limites ASTM e IS mínimos para estabilidade.....	34
Figura 11 -	Valores do período de indução de biodiesel de moringa oleífera Lam com e sem adição de TBHQ e exposto a CS 015.....	36
Figura 12 -	Valores TAN dos biodieseis de moringa oleífera Lam com e sem adição de TBHQ (500 mg Kg ⁻¹) exposto a CS1015 e CS 4140.....	37
Figura 13 -	Distribuição temporal das publicações, considerando o universo de publicações selecionados e resumidos na Tabela 3.....	46
Figura 14 -	Distribuição dos artigos em revistas indexadas por países.....	47
Figura 15 -	Distribuição temporal dos estudos com materiais metálicos x biodiesel.....	49
Figura 16 -	Tipos de antioxidantes encontrados nos estudos.....	52
Figura 17 -	Tipos de biodiesel utilizados nos estudos.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Compilado de matérias-primas que são utilizadas na produção do biodiesel.....	18
Tabela 2 -	Principais características do biodiesel e seus efeitos caso não atendam os critérios de qualidade da ANP.....	26
Tabela 3 -	Comparativo entre diferentes plantas em termos de seus conteúdos fenólicos.....	35
Tabela 4 -	Comparativo entre os antioxidantes naturais.....	35
Tabela 5 -	Caracterização físico-química do biodiesel de moringa oleífera Lam com e sem adição de TBHQ (Q500 mg Kg ⁻¹) após 84 dias de armazenamento.....	38
Tabela 6 -	Compilado de estudos sobre adição de antioxidantes no biodiesel.....	39
Tabela 7 -	Resumo dos artigos publicados nos últimos 10 anos.....	43
Tabela 8 -	Frequência das publicações selecionadas por periódico e classificação dos periódicos.....	48

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	11
1	OBJETIVOS.....	13
1.1	Objetivo Geral.....	13
1.2	Objetivos Específicos.....	13
2	REFERENCIAO TEÓRICO.....	14
2.1	Biocombustíveis.....	14
2.2	Biodiesel.....	15
2.2.1	<u>Método de obtenção de biodiesel.....</u>	18
2.2.2	<u>Características do Biodiesel.....</u>	23
2.2.3	<u>Corrosividade do biodiesel e sua relação com a corrosão em diferentes ligas metálicas.....</u>	28
2.2.4	<u>Efeito da adição de antioxidantes sobre a corrosividade e estabilidade à oxidação do biodiesel.....</u>	32
3	PRINCIPAIS APLICAÇÕES.....	40
4	METODOLOGIA.....	41
5	RESULTADOS DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA.....	42
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
	REFERÊNCIAS	54

INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a matriz energética mundial apresentou uma considerável dependência com os combustíveis fósseis. A utilização do petróleo e seus derivados apresentou um crescimento considerável a partir dos anos 70, provocando mundialmente uma dependência de importação de petróleo. Dados do Ministério de Minas e Energia, mostram que embora o Brasil seja um dos países produtores de petróleo, em 2004 cerca de 5,7% das importações corresponderam a derivados de petróleo (PNE, 2030). Considerando os impactos ambientais provocados pela exploração e refino do petróleo, aliados à necessidade de reduzir a dependência na utilização dos combustíveis fósseis, existe uma tendência mundial na busca por alternativas limpas e renováveis. Os biocombustíveis, a energia solar e eólica, estão entre alternativas já comercializadas como possibilidades para substituir as matrizes energéticas não renováveis. (RAMOS et al, 2003).

Em 2020 o mundo todo foi acometido pela pandemia do COVID-19 que provocou entre outros incidentes uma elevação dos preços dos combustíveis derivados do petróleo. O aumento da demanda e conseqüentemente o crescimento no preço do barril do petróleo, embora inconvenientes, podem apresentar uma oportunidade para investimentos em P&D que visem o desenvolvimento/aprimoramento de novas matrizes energética. No Brasil, a agro energia se torna uma das alternativas através da expansão do biodiesel, do álcool e do H-bio, em substituição ao diesel e à gasolina (PNE 2030).

O biodiesel é um biocombustível desenvolvido a fim de substituir o diesel na matriz energética, reduzindo a demanda pelos derivados do petróleo. Ele pode ser produzido a partir de fontes renováveis tais com os óleos vegetais e rejeitos de óleos vegetais oriundos da culinária. Uma das vantagens do biodiesel é apresentar uma elevada compatibilidade com o diesel de petróleo, permitindo a utilização direta nos veículos, sem necessidade de tecnologia ou adaptação especial. Além disso, economicamente o biodiesel se torna uma alternativa interessante uma vez que o diesel é um dos combustíveis mais utilizados no país (RAMOS et al, 2003).As características do biodiesel são fortemente dependentes da matéria-prima que é utilizada e a transesterificação alcalina (conversão físico-química) é uma das rotas mais viáveis para a produção desse biocombustível.

O efeito fundamental para decidir o processo de produção do biodiesel são as características físicas e químicas. Embora o biodiesel ainda seja mais caro em termos de custo

em comparação ao diesel, novos processos tecnológicos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de otimizar e reduzir os custos de produção (RAMOS et al. 2003; PNE, 2030). No cenário nacional, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) criado em 2004, corresponde a uma iniciativa do governo, objetivando tornar o país competitivo no cenário energético mundial, focando na produção qualificada do biodiesel. Um grande diferencial do PNPB é o aspecto social, que possibilita a inserção da agricultura familiar no ciclo produtivo do biodiesel (MAPA, 2022). Em 2020, foi implementada o RENOVBIO – Política Nacional dos Biocombustíveis, visando aumentar a competitividade dos diferentes biocombustíveis no mercado nacional, assim como colaborar para a regularização do abastecimento. Estão inseridos na política do RenovaBio o etanol de 1^a e 2^a geração, o biodiesel, a bioquerosene de aviação e o biometano (PNE, 2050). Os crescentes incentivos à utilização da bioenergia, apontam o Brasil entre os três maiores produtores e consumidores mundiais de biodiesel, juntamente com os EUA e a Indonésia (EPE, 2021).

As vantagens econômicas e ambientais que possibilitam o crescimento da utilização do biodiesel como um substituto aos derivados do petróleo já são bem conhecidas, entretanto existem algumas características desse biocombustível que devem ser levadas em consideração, pois podem acarretar degradação dos materiais, após longos períodos de exposição. Fatores como maior teor de água, acidez do biodiesel e presença de microrganismos podem promover a corrosão de componentes metálicos dos motores, ou ainda nos materiais usados durante o transporte e armazenamento (JIN et al. 2015; KUGELMEIER et al. 2021). Considerando a crescente demanda mundial na aplicação do biodiesel, muitos estudos vêm sendo realizados para compreensão das características e aplicações do biodiesel, das condições em que esse biocombustível pode ser degradado e da interação com diferentes tipos de materiais.

A quantidade de informações na literatura a respeito do tema é bastante significativa, sobretudo no que se refere às características físicas e químicas do biodiesel. Tendo em vista a relevância do tema atualmente, este trabalho realizou uma revisão bibliográfica, focada na relação corrosão de materiais metálicos em presença do biodiesel.

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre o biodiesel, suas misturas com diesel e a relação com a corrosão dos materiais metálicos.

1.2 Objetivos Específicos

- Aplicar ferramentas de revisão sistemática para aprimorar a busca das informações.
- Mostrar através da revisão as matérias-primas mais utilizadas para produção do biodiesel.
- Conhecer os aditivos mais frequentemente utilizados.
- Apresentar os estudos mais recentes sobre a relação entre a corrosividade do biodiesel e a corrosão dos materiais metálicos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E.S. PORTELA, F.M., SOUSA, R.M.F., DANIEL,D., TERRONES, M.G.H. *Behaviour of the ontioxidanttert-butylhydroquinone on the storage stability and corrosive character of biodiesel*.Fuel, v. 90,p. 3480-3484, 2011.
- ALMEIDA, HELIO DA SILVA. *Produção de biocombustíveis via craqueamento térmico-catalítico de resíduos sólidos de caixas de gordura com carbonato de sódio e lama vermelha ativada termicamente*.2015. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais) - Universidade Federal do Pará, Belém do Pará,2015.
- AMARAL B.E., REZENDE D.B., PASA V.M.D. *Estabilidade de blendas de diesel e biodiesel de soja/gordura animal em armazenamento com baixa e alta umidade*.7° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel. p. 114, 2019.
- AMARAL, B. E. *Estabilidade de blendas de diesel e biodiesel em condições distintas de temperatura e umidade*.2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2018.
- AQUINO I.P., HERNANDEZ R.P.B, CHICOMA D.L., PINTO H.P.F., AOKI I.V. *Influência da luz, temperatura e íons metálicos na degradação do biodiesel e corrosividade ao cobre e latão*.Fuel, v. 102,p. 795-807, 2012.
- BAEMA, L. M., CALDERÓN, J.A. **Effects of palm biodiesel and blends of biodiesel wit organic acids on metal**. Heliyonv. 6, e03735, 2020.
- BATISTA, L. R. MUNIZ,A. S, CUNHA, A. L R R. FILHO, N. R. A. **Utilização de biodiesel metílico para produção de biolubrificantes aromáticos**. 7° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel. Florianópolis, Santa Catarina 04 a 07 de Novembro de 2019, p. 263-264, 2019.
- CESTARI A., ARAÚJO M., OLIVEIRA D.C. *Corrosion behavior of metallic surfaces in biodiesel evaluated by atomic force microscopy, vickers micro hardness, and copper strip test*. Engineering Failure Analysis v. 124, 105329, 2021.
- CHANDRAN, D., NG, H.K., LAU, H.L.N., FAN, S., CHOO, Y.M. *Investigation of the effects of palm biodiesel dissolved oxygen and conductivity on metal corrosion and elastomer degradation under novel immersion method*.Applied Thermal Engineering v. 104, p. 294–308, 2016.
- CHEN, Tao., HU, Run-Ze., YAO, Xiao-Hui., YANG, Qiang, SHUAI, Shi-Min., WANG, Jun., XU, Ming, ZHANG, Dong-Yang., FU, Yu-Jie., LI, Long., ZHAO, Wei-Guo.*Effect of Pyrola extract on the stability of palm biodiesel upon exposure to copper*. Renewable Energy v. 149 , p. 1282-1289, 2021.
- CHEW, K.V., HASSEB, A.S. M.A., MASJUKI, H.H., FAZAL, M.A., GUPTA, M. *Corrosion of magnesium and aluminum in palm biodiesel:A comparative evaluation*.Energy v. 57, p. 478-483, 2013.

- CURSARU D.L., BRANOIU G., RAMADA I., MICULESCU F. *Degradation of automotive materials upon exposure to sunflower biodiesel*. Ind. Crop. Prod. v. 54, p. 149–158, 2014.
- DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO, M.C., TAKAHASHI, R.F., BERTOLOZZI, M.R., *Revisão Sistemática: Noções Gerais*. RevEscEnferm- USP 45, 1260-6, 2011.
- DESHPANDE, S., JOSHI, A., VAGGE, S., ANEKAR, N. *Effect of heat treatment on corrosion behavior of nodular (spheroidal graphite) cast iron using electrochemical tests in biodiesel environments*. Materials Today Proceedings, v. 28, Part 2, p. 684-692, 2020.
- DESHPANDE, S., JOSHI, A., VAGGE, S., ANEKAR, N. *Corrosion behavior of nodular cast iron in biodiesel blends*. Engineering Failure Analysis v. 105, p. 1319–1327, 2019.
- DEYAB, M.A. *Corrosion inhibition of aluminum in biodiesel by ethanol extracts of Rosemary leaves*. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 58 (2016), páginas 536–541
- DEYAB, M.A., CORRÊA, R.G.C., MAZZETTO, S.E., DHMEES, A.S., MELE, G. *Improving the sustainability of biodiesel by controlling the corrosive effects of soybean biodiesel on aluminum alloy 5052 H32 via cardanol*. Industrial Crops and Products v.130, p. 146–150, 2019.
- DEYAB, M.A., KEERA, S.T. *On corrosion and corrosion inhibition of carbon steel in stored biodiesel: electrochemical (AC and DC) studies*. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, v. 68, p.187–191, 2016.
- DINGFENG Jin, XUEHUA Zhou, PANPAN Wu, LI Jiang, HONGLIANG Ge. *Corrosion behavior of astm 1045 mild steel in palm biodiesel*. Renewable Energy, v.81, p. 457- 463, 2015.
- DIAZ-BALLOTE, L., SANSES, J.F.L., MALDONADO-LOPEZ, L., GARFIAS-MESIAS, L.F. *Corrosion behavior of aluminum exposed to a biodiesel*. Electrochemistry Communications, v.11, p. 41-44, 2009.
- DONATO, H., DONATO, M., *Etapas na condução de uma revisão sistemática*. Acta Med Port, v. 32, p.227-235, 2019.
- ELIAS, A.L.P., KOIZUMI, M.S., ORTIZA, E.L. RODRIGUES, J.F.Q., BORTOLOZO, A.D., OSÓRIO, W.R., PADILHA, G.S. *Corrosion behavior of an Al-Si casting and a sintered Al/Si composite immersed into biodiesel and blends*. Fuel Processing Technology, v.202, 2020
- EMPRESA DE ENERGIA ENERGÉTICA. https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-615/NT-EPE-DPG-SDB-2021-03_Analise_de_Conjuntura_dos_Biocombustiveis_ano_2020.pdf, acesso em 15/12/21.
- EMPRESA DE ENERGIA ENERGÉTICA. *Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2020*. NOTA TÉCNICA EPE/DPG/SDB/2021/03 – p. 16, acesso em 15/12/21.

- FAZAL, M.A., JAKERIA, M.R., HASEEB, A.S.M.A., *Effect of copper and mild steel on the stability of palm biodiesel properties: A comparative study*. Industrial Crops and Products v.58, p. 8-14, 2014.
- FAZAL M.A., HASEEB A.S.M.A., MASJUKI H.H. *Effect of different corrosion inhibitors on the corrosion of cast iron in palm biodiesel*. Elsevier. v. 92. Ed. 11, p. 2154-215, 2011.
- FAZAL M.A., HASEEB A.S.M.A., MASJUKI H.H. *Degradation of automotive materials in palm biodiesel*. Energy, v. 40, p. 76 -83, 2012.
- FAZAL M.A., HASEEB A.S.M.A., MASJUKI H.H. *Corrosion mechanism of copper in palm biodiesel*. Corrosion Science, v. 67, p.50-59, 2013.
- FAZAL M.A., HASEEB A.S.M.A., MASJUKI H.H. *Inhibition study of additives towards the corrosion of ferrous metal in palm biodiesel*. Energy Conversion and Management, v. 122, p. 290–297, 2016.
- FAZAL M.A., JAKERIA, M.R., HASEEB A.S.M.A., RUBAIEE, S. *Effect of antioxidants on the stability and corrosiveness of palm biodiesel upon exposure of different metals*. Energy, v. 13, p. 220-226, 2017,
- FAZAL, M.A., SUHAILA, N.R., HASEEB, A.S.M.A., RUBAIEE, S.R., AL-ZAHRANI, A. *Influence of copper on the instability and corrosiveness of palm biodiesel and its blends: An assessment on biodiesel sustainability*. Journal of Cleaner Production, v. 171, p. 1407-1414, 2018.
- FAZAL A.M.A., RUBAIEEB Saeed, AL-ZAHRANIA A. *Overview of the interactions between automotive materials and biodiesel obtained from different feedstocks*. Fuel Processing Technology, v. 196, p.106-178, 2019.
- FERNANDES D.M., MONTES R.H.O., ALMEIDA E.S., NASCIMENTO A.N., OLIVEIRA P.V., RICHTER E.M., MUÑOZ R.A.A. *Storage stability and corrosive character of stabilised biodiesel exposed to carbon and galvanised steels*. Fuel, v. 107, p. 609-614, 2013.
- FERNANDES D.,M, SQUISSATO, A., L. LIMA, A.F., RICHTER , E. M. ,MUNOZ, R A.A. *Corrosive character of Moringaoleifera Lam biodiesel exposed to carbon steel under simulated storage conditions*. Elsevier, 2019, p. 1263-1271, 2019.
- FERNANDES D.,M, FERREIRA, L.M., SILVA, M.L.C.P. S. *Application of Psidiumguajava L. leaf extract as a green corrosion inhibitor in biodiesel: Biofilm formation and encrustation*. Applied Surface Science Advances, v. 6, p. 100-185, 2021.
- FIGUEREDO, I.M., RANGEL N.V.P., NOGUEIRA T.R., LUNA F.M.T., CAVALCANTE C.L.J., NASCIMENTO T.L., RIOSM.A.S. *Atividade antioxidante de derivados do líquido da casca da castanha de caju no biodiesel de babaçu*. 7º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel. 2019, p. 37.
- FIGUEREDO, I.M., RIOS M.A.S., LUNA F.M.T., CAVALCANTE C.L.C. *Cinética de degradação do biodiesel de babaçu dopado com antioxidantes por calorimetria exploratória*

diferencial. 7^o Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel. 2019, p. 119.

GRUPO ANIMA EDUCAÇÃO. *Manual de revisão bibliográfica sistemática integrativa. 2014.* Disponível em http://biblioteca.cofen.gov.br/wp-content/uploads/2019/06/manual_revisao_bibliografica-sistemica-integrativa.pdf: acesso em 20 novembro 2021

HASEEB A.S.M.A., FAZAL M.A., JAHIRUL M.I., MASJUKI H.H. *Compatibility of automotive materials in biodiesel: a review.* Fuel, v. 90, p. 922-931, 2010.

HASEEB A.S.M.A., FAZAL M.A., JAHIRUL M.I., MASJUKI H.H. *Corrosion characteristics of copper and leaded bronze in palm biodiesel.* Fuel Processing Technology v. 91, p.329–334, 2010.

LOURENÇO, V.A., NADALETI W.C., VIEIRA B.M., LI H. *Investigation of ethyl biodiesel via transesterification of rice bran oil: bioenergy from residual biomass in Pelotas, Rio Grande do Sul – Brazil.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 144 ,p. 111016, 2021

JAIN Shubham, PUROHIT Sukumar, KUMAR Dipesh, GOUD Vaibhav V. *Passion fruit seed extract as an antioxidant additive for biodiesel; shelf life and consumption kinetics.* Fuel, v. 289, p. 119906, 2019.

JIN, D., ZHOU, X., WU, P., JIANG, L., GE, H. *Corrosion behavior of ASTM 1045 mild steel in palm biodiesel.* Renewable Energy, v. 81, p. 457 e 463, 2015.

KAUL, R.C.S., SAXENA, A.K., NEGI, M.S., BHATNAGAR, A.K, GOYAL, H.B, GUPTA, A.K. *Corrosion behavior of biodiesel from seed oils of Indian origin on diesel engine parts.* Fuel Processing Technology, v. 88, p.303–307, 2007.

KOMARIAH, L.N., ARITA, S., PRIANDA, B. E., DEWI, T.K. *Technical assessment of biodiesel storage tank; A corrosion case study.* Journal of King Saud University – Engineering Sciences. 2021

KRAUSE, L. C. *Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel de origem animal.* 2008, p. 130. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

KUGELMEIER , C. L, MONTEIRO, M. R., SILVA, R. ,KURI, S.E., SORDI, V. L. , ROVERE, C.A.D. *Corrosion behavior of carbon steel, stainless steel, aluminum and copper upon exposure to biodiesel blended with petrodiesel.* Elsevier – Energy, v. 226, p. 120344, 2021.

MACIEL G.S., SANTOS I.M.G., SOUZA A.L., CAIANA E.C., QUEIROZ N. *Aminas aromáticas como antioxidantes para a estabilidade oxidativa de biodiesel utilizando o método petrooxy.* 7^o Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel. 2019, p. 104

MATBOUEI M., WESTOND P., LIANG X., HAINSWORTH S.V. **An investigation of the effect of temperature on the oxidation processes of metallic diesel engine fuel system**

materials and b100 biodiesel from used cooking oil in exposure testing. Fuel, v. 285. p. 119063, 2021.

MENDEZ H.L., DOMINGUEZ M.S., CRUZ M.S., HERNANDEZ R.O., LEYTE R.L., ALDACO A.T. *Synthesis of biodiesel from coconut oil and characterization of its blends.* Fuel, v. 295, p.120595, 2021.

NOTA TÉCNICA Nº 10/2021/SBQ-CPT-CQC/SBQ/ANP-DF Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP superintendência de biocombustíveis e de qualidade de produtos - SBQ Coordenação de Qualidade de Combustíveis. Brasília 13 de setembro de 2021

OFFEL, L. S. S., FONTOURA, L.UIZ A.M., SANTOS, S.J., PONTES, L.F., GUTTERRES, M. *Vegetable tannins-based additive as antioxidant for biodiesel.*Fuel, v. 292, p. 120198, 2021.

OLIVEIRA A.C., VALENTIN I.B., GOULART M.O.F., SILVA C.A., VECHARA E.J.H., TREVISAN M.T.S. *Fontes vegetais naturais de antioxidantes.*Quim. Nova, v. 32, No. 3, p. 689-702, 2009.

ONI, B.A., SANNI, S.E.S., EZURIKE, B.O., OKORO, E.E. *Effect of corrosion rates of preheated Schinzochytrium sp. microalgae biodiesel on metallic components of a diesel engine.*Alexandria EngineeringJournal, v. 61, p. 7509-7528, 2022.

RAMOS L. P., KOTHE V., OLIVEIRA César M. A. F., MUNIZ-WYPYCH A. S., NAKAGAKI S., KRIEGER N., WYPYCH F., CORDEIRO C. S. *Biodiesel: matérias-primas, tecnologias de produção e Propriedades combustíveis.*Rev. Virtual Química, v.9, p. 317-369, 2017.

RAMOS, L.P. et al. *Biodiesel.* Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento, n. 31, p. 28-37, 2003.

RANGEL N.V.P., PINHEIRO V.S., MARQUES R.B., MALVEIRA J.Q., LOPES A.A.S., RIOS M.A.S. *Avaliação do potencial antioxidante de compostos derivados do lcc em biodiesel de óleo residual.*7º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel, p. 35, 2019.

RANGEL, N.V.P., SILVA, L. P., PINHEIRO, V. S., FIGUEREDO, I. M., CAMPOS, O.S., COSTA, S.N., LUNA, F.M.T., CAVALCANTE JR., C.L., MARINHO, E.S., LIMA-NETO, P., RIOS, M.A.S. *Effect of additives on the oxidative stability and corrosivity of biodiesel samples derived from babassu oil and residual frying oil: An experimental and theoretical assessment.*Fuel, v. 289, p. 119939, 2021.

RESOLUÇÃO ANP Nº7, DE 19/03/2008. DOU 20 de março de 2008.

RESOLUÇÃO ANP Nº 798/2019 - altera a Resolução ANP nº 45/2014, que estabelece as especificações de qualidade de biodiesel.

RESOLUÇÃO ANP Nº 30/2016 - estabelece a especificação de óleo diesel BX a B30.

RESOLUÇÃO ANP Nº 45/2014 - estabelece a especificação do biodiesel contida no Regulamento Técnico ANP nº 3/2014.

REZENDE, M. J. C., LIMA, A. L., SILVA, B. V., MOTA, C. J. A., TORRES, E. A., ROCHA, G. O., CARDOSO, I. M. M., COSTA, K. P., GUARIEIRO, L. L.N., PEREIRA, P. A. P., MARTINEZ, S., ANDRADE, J. B - *Biodiesel: An Overview II*. Sociedade Brasileira de Química, v. 32, No. 7, p. 1301-1344, 2021.

RODRIGUES H.S. *Obtenção de ésteres etílicos e metílicos, por reações de transesterificação, a partir do óleo de palmeira Latino Americana macaúba – Acrocomiaaculeata*. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2007.

ROMOLA, J., SAMUEL, K. J., HARSHINI, M., MOORTHY, G., SHYAM KUMAR, R., CHINNATHAMBI, A., SALMEN, S., ALHARBI, S.A., KARTHIKUMAR, S. *Improvement of fuel properties of used palm oil derived biodiesel with butyl ferulate as an additive*. ElsevierRenewable Energy, v.175, p. 1052-1068, 2021.

SANTOS N.A., CORDEIRO AM. T. M., GONDIM A.D., SANTOS I.M. G., MAIA A.S., SOUZA A.G. *Efeito catalítico de metais de transição no processo oxidativo do biodiesel de soja avaliado pelos métodos Rancimat e PetroOxy*. 7º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel, p. 45, 2019.

SANTOS L.W., PAULINO I.B., SANTOS B.L.C., SANTOS S.J., FONTOURA L.A.M. *Avaliação ponto de fluidez e da viscosidade de biodieseis metílicos derivados de óleos e gorduras*. 7º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel, p, 719, 2019.

SCHERER R.; WAGNER R., DUARTE M.C.T., GODOY H.T. *Composição e atividades antioxidante e antimicrobiana dos óleos essenciais de cravo-da-índia, citronela e palma rosa*. Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.11, n.4, p.442-449, 2009.

SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO DO MERCADO DE COMBUSTÍVEIS 2021 (ANO-BASE 2020). <https://www.gov.br/pt-br/sdlseminario2021>, acesso 15/12/21 às 23:11

SERQUEIRA , D.S., PEREIRA, J.F.S., SQUISSATO, A.L., RODRIGUES , M.A., LIMA , R.C., FARIA, A.M., RICHTER , E.M., MUNOZ , R.A.A. *Oxidative stability and corrosivityof biodiesel produced from residual cooking oil exposed to copper and carbon steel under simulated storage conditions: Dual effect of antioxidants*.Renewable Energy, v.164, p.1485- 1495, 2021.

SHAHABUDDIN, M., MOFIJUR, M., SHUVHO, MD. B.A., CHOWDHURY, M. A. K., KALAM, M.A., MASJUKI, H. H., CHOWDHURY, M.A. *A Study on the Corrosion Characteristics of Internal Combustion Engine Materials in Second-Generation Jatropa Curcas Biodiesel*.Energies, v. 14, p. 4352, 2021.

SOARES M., SILVA D.C., BANCZEK E.P. *Corrosão de liga de alumínio em meio de biodiesel e diesel*.RevistaBrasileira de IniciaçãoCientífica, Itapetininga, v. 4, n. 1, 2017.

SUBEDI, B.N., AMGAIN, K., JOSHI, S., BHATTARAI, J. *Green approach to corrosion inhibition effect of Vitexnegundo leaf extract on aluminum and copper metals in biodiesel and its blend.* Int. J. Corros. Scale Inhib., v. 8, no. 3, 744–759, 2019.

SUN, S., JINGJING, G., XIAOWEI, C. *Biodiesel preparation from semen abutili (abutilon theophrasti medic.) Seed oil using low-cost liquid lipase Eversa® transform 2.0 as a catalyst.* Industrial Grope & Products, v. 169, p.113643, 2021.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. *Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review.* British Journal of Management, v. 14, p. 207-222, 2003.