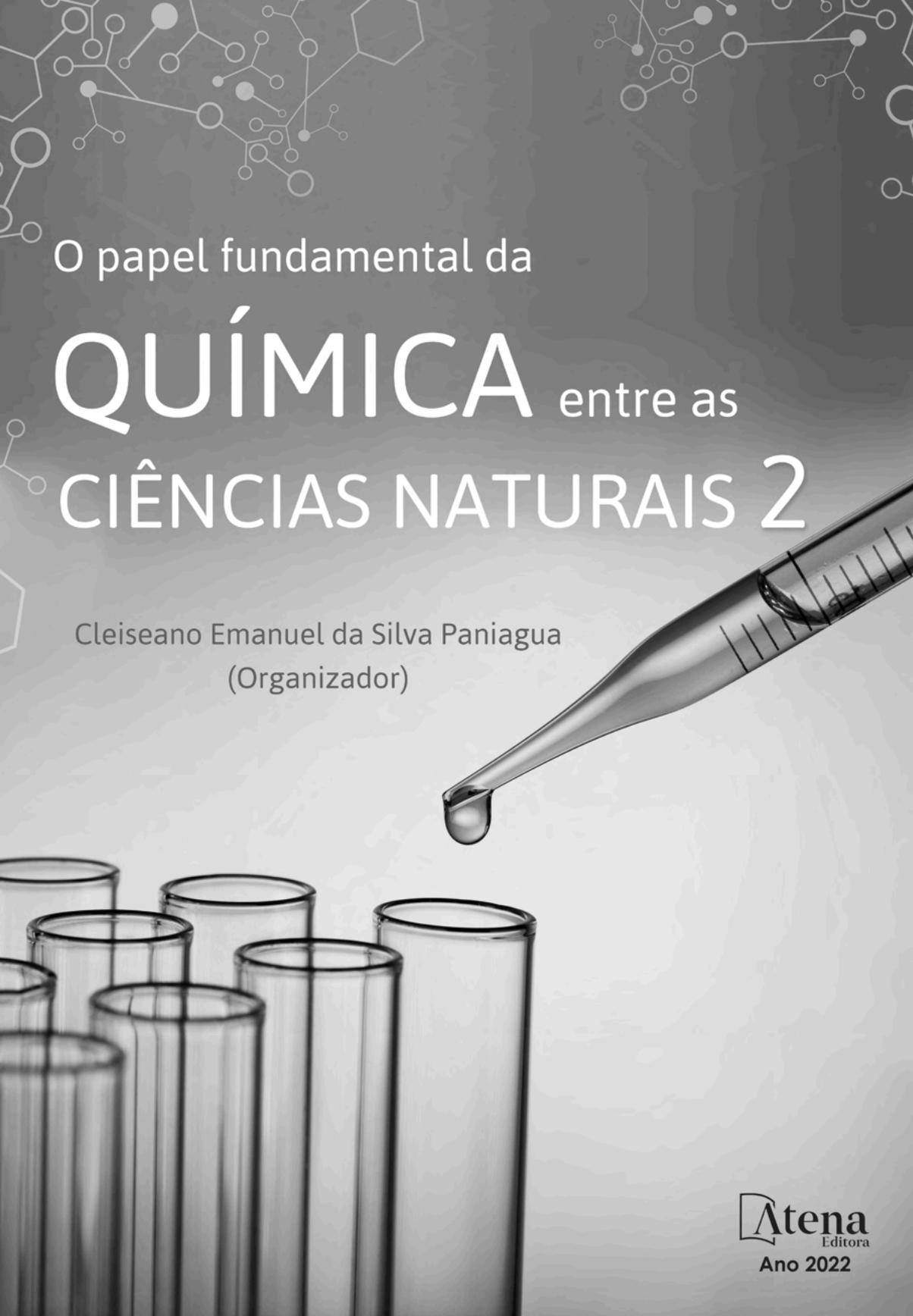
The background features a blue-to-white gradient with faint chemical structures and laboratory glassware. In the foreground, a glass dropper is positioned above several test tubes, with a single drop of liquid about to fall into one of them.

O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS 2

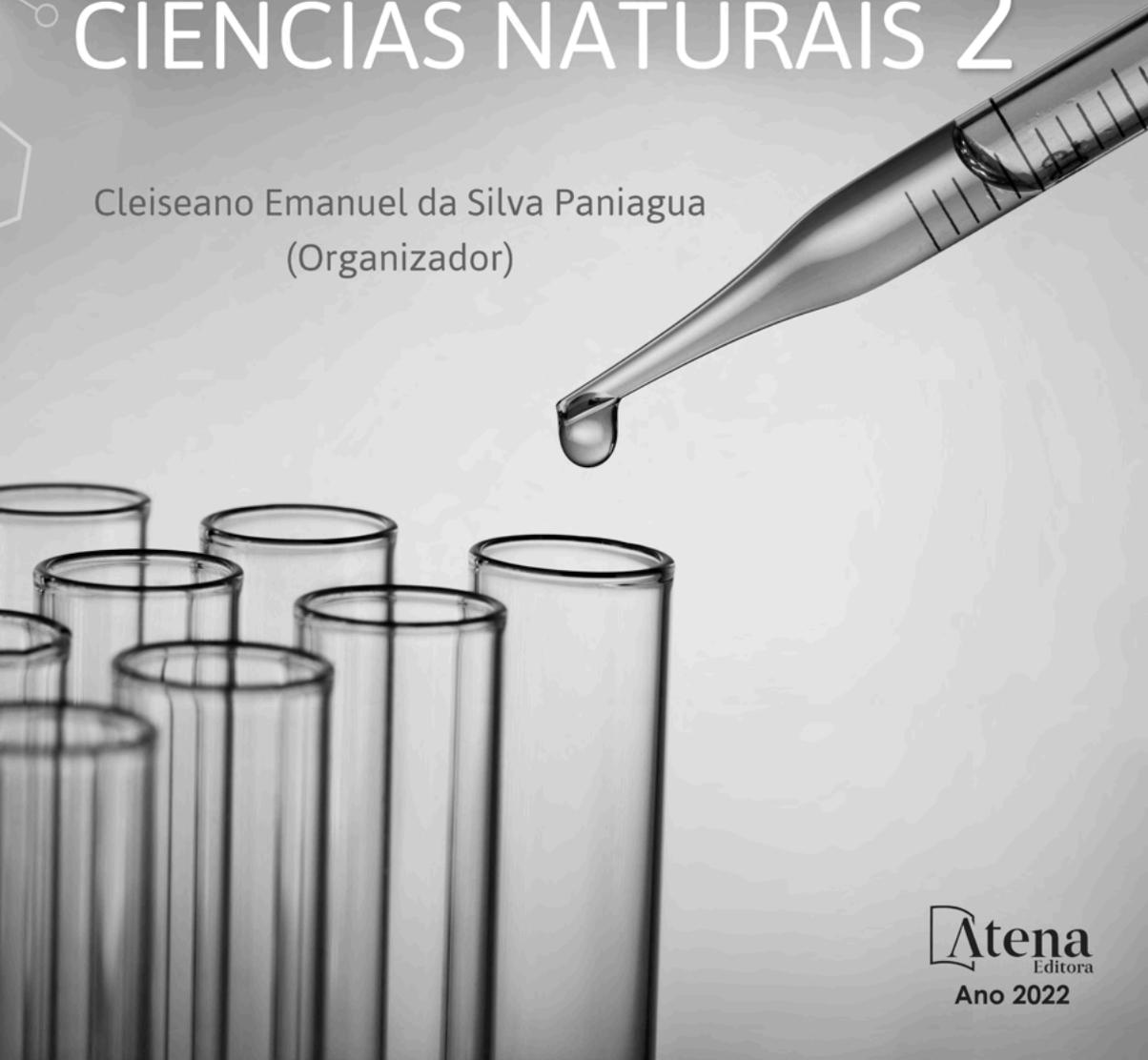
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



O papel fundamental da química entre as ciências naturais 2

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P214 O papel fundamental da química entre as ciências naturais
2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua.
- Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0027-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.271220604>

1. Química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva
(Organizador). II. Título.

CDD 540

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O e-book: “O papel fundamental da química entre as ciências naturais 2” é composto por onze capítulos que apresentam trabalhos nas diferentes áreas da química: *i)* teoria e prática no ensino de química; *ii)* química dos produtos naturais; *iii)* química dos materiais; e *iv)* aplicação de novos materiais e biotecnologia para remediação ambiental.

O primeiro capítulo apresenta um trabalho resultante da observação, experiência e desafios enfrentados por discentes do curso de licenciatura em química, frente ao desafio do processo de ensino-aprendizagem de alunos do ensino médio.

O segundo capítulo apresenta um estudo que trata da importância de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes, provenientes de frutos que compõem a dieta alimentar de milhares de famílias. Já os capítulos três e quatro apresentam estudos que avaliaram as propriedades físico-químicas de biodiesel provenientes da espécie Ouricuri e das sementes de *Glycine Max* e *Ricinus Communis L.*

Os capítulos de cinco a nove apresentam trabalhos que objetivaram sintetizar, caracterizar e elucidar as inúmeras propriedades de materiais provenientes de fibra de carbono, aminas quirais, fibras de TiO_2 e de bambu funcionalizadas com óxido de ferro; a fim de se avaliar inúmeras propriedades: *i)* catalíticas; *ii)* semicondutoras e luminescentes; *iii)* novas nanoestruturas pela combinação de duas ou mais substâncias químicas; *iv)* preparo de filmes finos biodegradáveis entre outras propriedades que visem a sua aplicação em larga escala, que leve a proporcionar inúmeros benefícios em forma de tecnologia para a sociedade.

O capítulo 10 apresenta um trabalho de revisão no qual se avaliou a eficiência de Ag_2WO_4 como fotocatalisador para a remoção de corantes em matrizes aquosas. Por fim, o capítulo 11 apresenta uma revisão da aplicação da propriedade de bioluminescência da bactéria *Vibrio fischeri* frente à exposição da toxicidade provenientes de inúmeras classes de Contaminantes de Interesse Emergente e seus produtos de transformação provenientes da aplicação de diferentes processos oxidativos avançados em matrizes aquosas.

Diante desta diversidade de trabalhos que abordaram a aplicação de diferentes áreas da química e afins, esta área da ciência demonstra a sua fundamental importância para aperfeiçoar, desenvolver e remediar novos produtos que chegam até o consumo da sociedade e que objetiva melhorar e aumentar a qualidade de vida das pessoas.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

EXPERIÊNCIAS DE INSERÇÃO PROFISSIONAL NO ENSINO DE QUÍMICA: TEORIA E PRÁTICA

Alan Stampini Benhame de Castro
Hauster Maximiler Campos de Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206041>

CAPÍTULO 2..... 12

IMPORTÂNCIA DOS BIOATIVOS FENÓLICOS COMO ANTIOXIDANTES NATURAIS

Maria Celeste da Silva Sauthier
Ana Maria Pinto dos Santos
Walter Nei Lopes dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206042>

CAPÍTULO 3..... 23

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DAS MISTURAS DE BIODIESEL DE OURICURI E DIESEL DE PETRÓLEO

Rafaela Gabriel
João Inácio Soletti
Sandra Helena Vieira de Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206043>

CAPÍTULO 4..... 35

TRANSESTERIFICAÇÃO *IN SITU* MEDIADA POR MICRO-ONDAS PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE SEMENTES DE *Glycine max* E *Ricinus communis L.*

Sávio Eduardo Oliveira Miranda
Sandro Luiz Barbosa dos Santos
Stanlei Ivair Klein

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206044>

CAPÍTULO 5..... 45

A THERMODYNAMIC APPROACH FOR MICROSTRUCTURES WITHIN CARBON FIBERS PRECURSORY MESOPHASE PITCH BASED ON THE MÜLLER-LIU PROCEDURE

Caio Cesar Ferreira Florindo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206045>

CAPÍTULO 6..... 53

RESOLUÇÃO CINÉTICA DINÂMICA DE AMINAS QUIRAIS COM CATALISADOR HETEROGÊNEO DE PALÁDIO SUPORTADO EM DOLOMITA

Fernanda Amaral de Siqueira
Renata Costa Zimpeck
José Carlos Queiroz Arêas
Larissa Moisés da Silva
Lívia Yuriko Sawada

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206046>

CAPÍTULO 7..... 64

OBSERVAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE TUNGSTÊNIO PRESENTE EM FIBRAS DE TiO₂ UTILIZADAS COMO SEMICONDUTORES EM FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA

Luana Góes Soares da Silva
Annelise Kopp Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206047>

CAPÍTULO 8..... 75

SÍNTESE DE SEMICONDUTORES DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES E SUA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO NA REGIÃO UVA

Luana Góes Soares da Silva
Annelise Kopp Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206048>

CAPÍTULO 9..... 85

PREPARAÇÃO DE FILMES FINOS BIODEGRADÁVEIS A BASE DE BAMBU FUNCIONALIZADOS COM ÓXIDO DE FERRO

Viviane Alencar Marques Araújo do Nascimento
Marcelo Ramon da Silva Nunes
William Ferreira Alves
Anselmo Fortunato Ruiz Rodriguez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206049>

CAPÍTULO 10..... 94

UMA BREVE REVISÃO DO DESEMPENHO DO Ag₂WO₄ NA REMOÇÃO DE CORANTES EM SOLUÇÃO AQUOSA POR FOTOCATÁLISE

Francisco das Chagas Marques da Silva
Germano Pereira dos Santos
Francisco de Assis Araújo Barros
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.27122060410>

CAPÍTULO 11..... 104

UTILIZAÇÃO DA BACTÉRIA *Vibrio fischeri* NA INDICAÇÃO DE TOXICIDADE AGUDA PROVENIENTES DE CONTAMINANTES DE INTERESSE EMERGENTE E SEUS PRODUTOS DE DEGRADAÇÃO AVALIADOS EM DIFERENTES MATRIZES AQUOSAS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.27122060411>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 117

ÍNDICE REMISSIVO..... 118

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DAS MISTURAS DE BODIESEL DE OURICURI E DIESEL DE PETRÓLEO

Data de aceite: 01/03/2022

Data de submissão: 10/02/2022

Rafaela Gabriel

Universidade Federal de Alagoas
Maceió - AL
<http://lattes.cnpq.br/1543560000627630>

João Inácio Soletti

Universidade Federal de Alagoas
Maceió - AL
<http://lattes.cnpq.br/9033957482568348>

Sandra Helena Vieira de Carvalho

Universidade Federal de Alagoas
Maceió - AL
<http://lattes.cnpq.br/3726839467177985>

RESUMO: A utilização do biodiesel como combustível vem ocorrendo de maneira gradual e progressiva incentivado pelo Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (Lei nº 11.097/05). O biodiesel ou a mistura deste com diesel mineral, podem ser utilizados pois apresentam propriedades físico-químicas muito semelhantes ao óleo diesel e propiciam uma dinâmica aceitável para o processo de combustão. Mas, a depender do tipo de biodiesel utilizado, haverá alteração das propriedades físico-química das misturas. Para garantir que as misturas estejam de acordo com parâmetros físico-químicos citados na Resolução da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), práticas de monitoramento da qualidade vêm sendo adotadas internacionalmente e, através das informações geradas, garantem

maior confiabilidade na decisão pela elevação dos teores de biodiesel. Neste estudo, o diesel foi misturado ao biodiesel de ouricuri em diferentes proporções: B0, B20, B40, B60, B80 e B100. Propriedades fundamentais, tais como, a densidade e viscosidade das misturas foram determinadas, com base nas normas ASTM D664 e ASTM D445, respectivamente. Essas propriedades foram determinadas a diferentes temperaturas numa faixa de 10 a 80 °C. Foi observado que a densidade e a viscosidade da mistura aumentam com o aumento do percentual do biodiesel nas misturas. Com relação a influência da temperatura, essas propriedades diminuem com o aumento da temperatura, para todas as misturas de biodieseis estudadas. O ponto de névoa e o ponto de fluidez também foram avaliados neste trabalho, uma vez que a cristalização que pode inviabilizar o uso das misturas em temperaturas frias, devido a deposição de ésteres graxos e parafinas no motor. Como resultado, obteve-se a não adequação do uso do biodiesel de ouricuri a temperaturas inferiores à 21°C, principalmente nas misturas B60, B80 e B100 as quais contém maior concentração de biodiesel, observando-se a formação de cristais.

PALAVRAS-CHAVES: misturas, ouricuri, propriedades físico-químicas.

EVALUATION OF THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF MIXTURES OF OURICURI BODIESEL AND OIL DIESEL

ABSTRACT: The use of biodiesel as fuel is

happening gradually and progressively, encouraged by the National Program of Production and Use of Biodiesel (Law nº 11.097/05). The biodiesel or mixture with mineral diesel can be used because they present physicochemical properties very similar to the oil diesel and they propitiate an acceptable dynamic to the combustion process. However, depending of the type of the used biodiesel, it will happen modifications in the physicochemical properties of the mixtures. To ensure that the mixtures of biodiesel/diesel are according to the physicochemical parameters cited in the Resolution of the National Petroleum, Gas Natural and Biofuel Agency, quality monitoring practices are being adopted internationally and, through the generated informations, ensure more strength in the decision by the increase in biodiesel contents. In this study, the diesel was mixed to the ouricuri biodiesel in different proportions: B0, B20, B40, B60, B80 e B100. Fundamental properties, as the density and viscosity of the mixture were determinated, based on the standards ASTM D664 e ASTM D445, respectively. These properties were determinated in different temperatures, to all the biodiesel mixtures studied. The cloud point and pour point were evaluated in this study, once that the crystallization that can derail the use of the mixtures in cold temperatures, due the deposition of paraffins and fatty esters in the engine. As result, obtained no adequacy in the use of the ouricuri biodiesel in inferior temperatures to 21°C, especially in the mixtures B60, B80 e B100, that have more biodiesel concentration, observing the crystal formations.

KEYWORDS: blends, ouricuri, physicochemical properties

1 | INTRODUÇÃO

A crise do petróleo de 1974 impulsionou o mundo a procurar prontamente uma alternativa viável para a substituição total ou parcial do combustível fóssil. Aliados a escassez dos combustíveis de origem fóssil somaram-se os crescentes problemas de poluição e essa preocupação ambiental atingiu diversos setores da sociedade e, inevitavelmente, a indústria. Muitas indústrias tiveram que adaptar suas atividades para o conceito de sustentabilidade. Com esse ajuste da estratégia energética global, a energia renovável verde tornou-se objeto de estudo e desenvolvimento. Foi neste cenário que o biodiesel começou a ser utilizado como um combustível alternativo ao diesel tradicional (DAI; KAO; CHEN, 2017; HANIS et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2016).

Uma das rotas para produção do biodiesel é a reação de transesterificação, por meio desse processo químico é possível converter os triglicerídeos presentes nos óleos e gorduras em ésteres de biodiesel e glicerina, utilizando um álcool de cadeia curta e um catalisador, sendo este o processo mais utilizado na atualidade (HANIS et al., 2016; VERMA; DWIVEDI; SHARMA, 2017).

Pioneiro mundial no uso de biocombustíveis, o Brasil vem adotando a estratégia do uso de misturas de diesel/biodiesel para a inserção do biodiesel na matriz energética brasileira. Por meio da [Lei nº 11.097/2005](#) em 2008, foi instituído que a mistura de biodiesel puro (B100) ao óleo diesel a 2% (B2) seria obrigatória em todo território nacional. Esse percentual aumentou gradativamente e atualmente já se utiliza a mistura de 10% (B10) (ANP, 2022).

O processo de mistura de biodiesel/diesel é possível e recomendado, a fim de melhorar a qualidade do combustível. Mas, a depender do tipo de biodiesel utilizado, haverá alteração das propriedades físico-química das misturas, pois a mistura biodiesel / diesel é uma mistura muito complexa. Estão presentes no biodiesel compostos de ésteres, glicerídeos, pigmentos e antioxidantes. Os compostos no diesel são naftênicos, parafínicos e aromáticos, em diferentes proporções. As misturas desses compostos provocam diferenças nas propriedades físico-químicas e dessa forma os parâmetros de qualidade do biodiesel são importantes para os usuários finais, pois podem afetar o desempenho do motor e as emissões de poluentes (BENJUMEA; AGUDELO, 2008; DEMIBRAS, 2003).

Para adequado funcionamento do motor se faz necessário o estudo das propriedades dos biocombustíveis, neste sentido a densidade e a viscosidade são propriedades que merecem destaque, pois variam sensivelmente com as alterações nas composições das misturas.

A viscosidade cinemática e densidade são uns dos parâmetros exigidos pelas normas de biodiesel e diesel, por serem propriedades-chave do combustível para motores movidos à diesel. São capazes de afetar o início da injeção, a pressão de injeção, e a característica de pulverização de combustível, de modo que estas propriedades influenciam as emissões de desempenho do motor de combustão e gases de escape. Altas viscosidades e densidades também causam mais problemas em tempo frio, pois elas aumentam com a diminuição da temperatura (HOEKMAN *et al.* 2012).

Em baixas temperaturas, o biodiesel e suas misturas com óleo diesel derivado de petróleo, apresentam a deposição de ésteres graxos e parafinas durante o armazenamento, transporte e sua utilização, ocasionando queda das propriedades de fluxo, um dos problemas graves e conhecidos de longa data na indústria do petróleo. A baixas temperaturas ocorre a formação de núcleos de cristais parafínicos, visíveis a olho nu. A temperatura em que os cristais se tornam visíveis é definida como ponto de névoa. Nas temperaturas abaixo do ponto de névoa, o crescimento cristalino e a aglomeração continuam até que os cristais fiquem grandes o bastante para restringir ou impedir o fluxo livre dos combustíveis nas tubulações e nos filtros. Essa propriedade é conhecida como ponto de fluidez do biodiesel que é definido como a mais baixa temperatura em que o líquido escoar livremente. O ponto de fluidez e o ponto de névoa são usados para caracterizar a operacionalidade do escoamento de combustível em baixas temperaturas, porque afeta o emprego do combustível, especialmente em condições de clima frio. (ZARSKA *at al.* 2014; MENG *et al.* 2014, HOEKMAN *et al.* 2012),

Dessa forma, o controle de qualidade de biodiesel exerce grande importância para a comercialização desse combustível e suas misturas. Neste contexto, é importante conhecer as propriedades físico-químicas das misturas biodiesel/diesel, a fim de verificar se o combustível satisfaz as especificações da norma.

2 | METODOLOGIA

Foi realizado um estudo das propriedades físico-químicas (viscosidade cinemática, densidade, ponto de fluidez e ponto de névoa) do biodiesel de ouricuri e das suas misturas com diesel de petróleo, afim de avaliar a qualidade do biodiesel produzido e sua operacionalidade em motores movido a diesel. As misturas estudadas de diesel/biodiesel foram: B0, B20, B40, B60, B80 e B100 para o biodiesel produzido a partir do óleo de ouricuri com diesel comercial que já contém 5% de biodiesel de acordo com o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (Lei n° 11.097/05). A metodologia do trabalho é representada conforme o fluxograma abaixo (Figura 1).

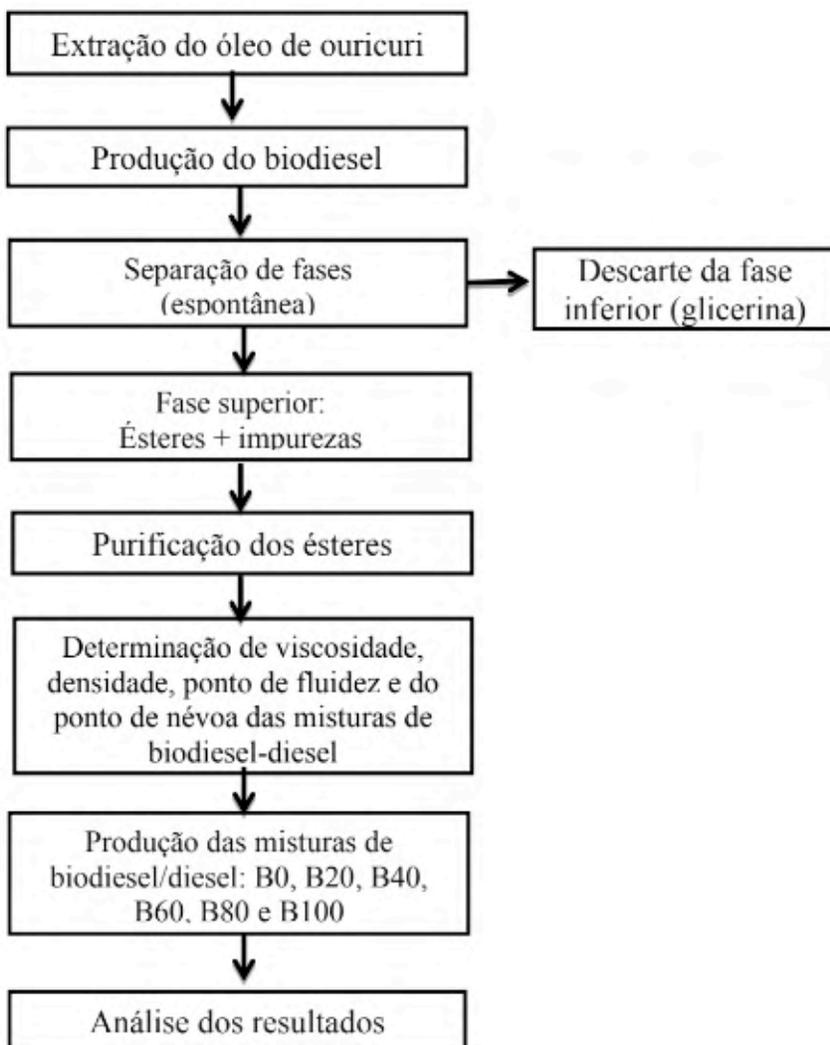


Figura 1. Fluxograma da metodologia aplicada.

2.1 Produção de biodiesel etílico de ouricuri na unidade piloto

Foi realizada uma reação de transesterificação alcalina a partir do óleo de ouricuri para obtenção do biodiesel. Os reagentes utilizados foram: álcool etílico absoluto P.A., hidróxido de sódio P.A. e óleo de ouricuri. A reação foi realizada com os seguintes parâmetros: razão molar óleo/álcool de 1:10, quantidade de catalisador de 1,5% referente a massa de óleo, tempo de reação de 30 minutos e temperatura de 70°C. A unidade piloto utilizada para produção do biodiesel, é composta por um agitador mecânico, um reator encamisado, onde o fluido de circulação é a água, sendo temperatura do sistema mantida através de um banho termostático (Modelo TE – 184, TECNAL), conforme Figura 2.

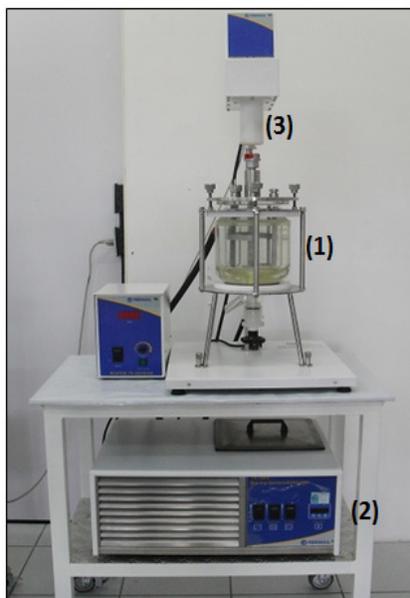


Figura 2 - Unidade piloto de produção de biodiesel composto por: (1) reator; (2) banho termostático e (3) agitador mecânico.

2.2 Misturas de biodiesel/diesel

As misturas foram preparadas com diesel puro e biodiesel metílico e etílico de chichá nas concentrações: B0, B10, B15, B20, B40, B60, B80 e B100 em v/v conforme indicação da ANP. Os volumes foram preparados em duplicada e recolhidos em provetas de 10 mL. Após a preparação das misturas, foram realizadas as análises de viscosidade e densidade, descritas a seguir:

2.2.1 Análise da viscosidade para diferentes misturas de biodiesel – diesel

A viscosidade foi determinada de acordo com a NORMA ASTM D445, utilizando um viscosímetro de Ostwald da marca SCHOTT. Foi utilizado um capilar com constante de 150

cSt/s sendo empregados 8 mL de amostra contendo as misturas de biodiesel/diesel e foi determinado seu tempo de escoamento a uma temperatura de 40°C. Para a construção das curvas de viscosidade foi utilizado capilar com constante de 100 cSt/s para as temperaturas: 20, 25, 30, 40, 60 e 80°C. A viscosidade foi obtida pela Equação 1:

$$\text{Viscosidade} = T \cdot C \quad (1)$$

Onde, T é o tempo de escoamento (segundos) e C é a constante do viscosímetro (cSt/s)

O valor da constante utilizada, fornecido pelo fabricante, é 0,0411 cSt/seg. A viscosidade então será obtida em cSt que é numericamente igual a mm^2s^{-1} .

2.2.2 Análise da densidade para diferentes misturas de biodiesel

A densidade foi determinada de acordo com a norma ASTM D664, utilizando um densímetro digital (modelo DMA 35N, ANTAN PAAR). A amostra das misturas de biodiesel foi resfriada até 20°C e feita à leitura diretamente no densímetro digital. Para a construção das curvas de densidade foram utilizadas as temperaturas de 10, 15, 20, 30 e 40 °C.

2.2.3 Análise do ponto de fluidez e névoa

O método para determinação do ponto de fluidez consiste em resfriar uma amostra num ritmo pré-determinado, observando-se a sua fluidez a cada queda de temperatura de 3°C, até que visualmente a superfície da amostra permaneça imóvel (ponto de congelamento) por 5 segundos, ao se colocar o tubo de ensaio com a amostra, na posição horizontal. A temperatura 3°C acima desta, é o ponto de fluidez da amostra. A verificação do ponto de fluidez foi feita de acordo com o emprego da norma brasileira NBR 11349:1990.

O método para determinação do ponto de névoa foi obtido pela norma ASTM D2500, onde foi observado a temperatura do combustível, durante um processo de resfriamento, onde ocorreu a formação dos primeiros cristais parafínicos.

3 | RESULTADOS

Os resultados obtidos por meio dos parâmetros físico-químicos para o biodiesel de ouricuri puro (B100) e suas misturas com diesel de petróleo (B0, B20, B40, B60 e B80) serão subdivididos em três seções que descrevem o comportamento da viscosidade, da densidade e por fim do ponto de névoa e do ponto de fluidez das misturas frente à variação de temperatura.

3.1 Análise da viscosidade

A Viscosidade Cinemática é uma propriedade fluidodinâmica que expressa a resistência oferecida pela substância ao escoamento sob gravidade. Devido à viscosidade

indicar a resistência do fluido ao escoamento, o controle dessa propriedade para o biodiesel é importante para garantir funcionamento adequado dos sistemas de injeção e bombas de combustível. A viscosidade também influencia a etapa de combustão, cuja eficiência dependerá da potência máxima desenvolvida pelo motor. As análises foram realizadas segundo a norma ASTM D445 que fornece um método para obtenção da viscosidade cinemática para o biodiesel (B100) e para mistura de biodiesel em diesel de petróleo. Os dados obtidos são encontrados na Tabela 1:

	B0	B20	B40	B60	B80	B100
25 °C	4,508	4,7173	5,1359	5,3613	5,474	5,5706
30 °C	3,5742	4,0411	4,2665	4,3148	4,3953	4,4275
40 °C	2,7692	3,0429	3,38905	3,34075	3,4776	3,6064
60 °C	1,9803	2,2379	2,34255	2,29425	2,45203	2,4794
80 °C	1,5295	1,5617	1,69855	1,73075	1,77905	1,85955

Tabela 1 - Viscosidade (mm²/s) obtida para os blends biodiesel/diesel de ouricuri.

Segundo RESOLUÇÃO ANP Nº 14, DE 11.5.2012 - DOU 18.5.2012, a viscosidade cinemática dos biodieséis (a 40°C) deve estar entre 3,0 e 6,0 mm².s⁻¹. Obteve-se a viscosidade de 3,6064 mm².s⁻¹ para os biodieséis de ouricuri puro. Portanto, a viscosidade do biodiesel está de acordo com as normas. A Figura 7 apresenta os resultados obtidos a partir do estudo das viscosidades das misturas de diesel/ biodiesel etílico de ouricuri conforme as concentrações pré-estabelecidas: B20, B40, B60, B80, B100 e diesel.

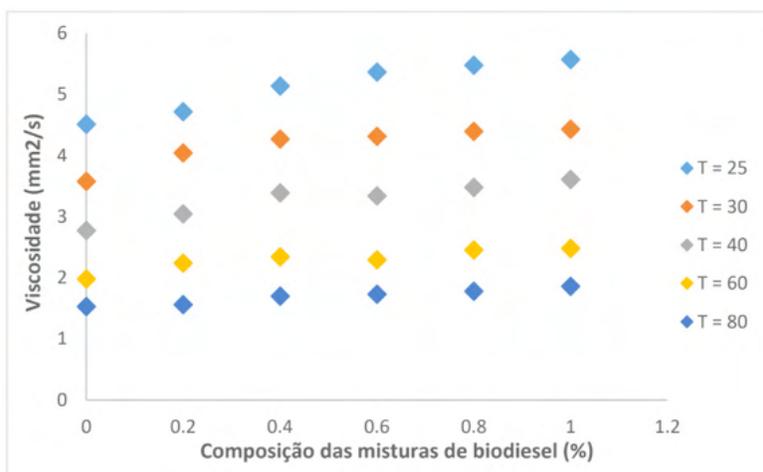


Figura 3 - Curva de viscosidade das misturas de diesel/ biodiesel de ouricuri.

Observou-se a partir da Figura 3, que a viscosidade para as diferentes misturas aumenta em razão do aumento de biodiesel na composição da mistura. Este era um comportamento esperado uma vez que um líquido mais viscoso tem sua concentração aumentada em uma dada mistura. Observou-se também que as viscosidades das misturas são afetadas diretamente pela temperatura, a viscosidade diminui a medida que a temperatura aumenta. De um modo geral, a viscosidade diminui com o aumento da temperatura e aumenta com a fração de biodiesel na mistura biodiesel/diesel, o que pode prejudicar aos motores a diesel. Assim sendo, o aumento do percentual do diesel na mistura diesel/biodiesel deve ser estudado detalhadamente, a fim de assegurar um funcionamento adequado do motor. Outros parâmetros também podem influenciar na viscosidade das misturas tais como massa molecular, forças intermoleculares e polaridade.

3.2 Análise da densidade

A densidade do combustível é uma característica importante, pois de uma maneira geral, influencia a partida e pressão da injeção, além da pulverização do combustível, de modo a interferir no desempenho do motor de combustão e na emissão de gases, pois altas densidades podem gerar fumaça negra e emissão excessiva de material particulado. As análises foram realizadas segundo a norma ASTM D664 que fornece um método para obtenção da densidade para o biodiesel (B100) e para mistura de biodiesel em diesel de petróleo. Os dados obtidos são encontrados na Tabela 3:

	B0	B20	B40	B60	B80	B100
15 °C	845,3	850,3	858,3	867,3	871,75	880,7
20 °C	840,5	846,4	853,75	863,2	867,9	875,55
25 °C	838,8	847,7	854,0	858,8	865,1	870,5
30 °C	834,3	843,2	850,5	855,7	861,5	866,5
40 °C	826,9	835,9	842,7	848,3	854,1	858,7

Tabela 2 - Densidade (Kg/m³) obtida para os blends biodiesel/diesel de ouricuri.

A RESOLUÇÃO ANP N° 14, DE 11.5.2012 - DOU 18.5.2012, também estabelece as especificações padrões para a densidade do biodiesel (B100) e para mistura de biodiesel com diesel de petróleo, cuja densidade deve estar entre 850-900 kg/m³ à 20 °C, nota-se que o B100, que é o biodiesel puro, encontra-se dentro do valor exigido, onde foi obtido um valor de 875,55 Kg/m³ para os biodiesel de ouricuri. A Figura 4 apresenta os resultados obtidos a partir do estudo das densidades das misturas de diesel/ biodiesel etílico de ouricuri conforme as concentrações pré-estabelecidas: B10, B20, B40, B60, B80, B100 (biodiesel) e diesel.

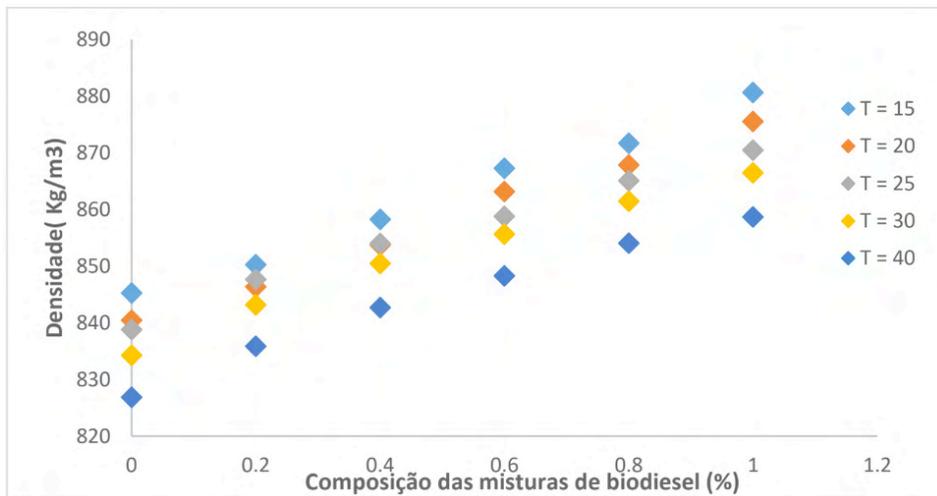


Figura 4 - Curva de densidade das misturas de diesel/ biodiesel de ouricuri.

Neste caso, diferentemente da variação de viscosidade, os valores das densidades do biodiesel e diesel puros estão muito próximos, assim como em todas as misturas biodiesel/diesel etílicos analisadas, havendo uma variação apenas na segunda casa decimal entre as *misturas*. Portanto, aumentando o percentual de biodiesel nas misturas haverá um consequente aumento da densidade da mistura biodiesel/diesel. Em geral, a densidade de biodiesel é também afetada pelo aumento da temperatura: quanto maior a temperatura menor será sua densidade. Este estudo é importante, pois a relação ar/combustível e consequentemente a quantidade de energia produzida na câmara de combustão são influenciados diretamente pela densidade, o que pode afetar o desempenho do motor.

3.3 Análise do ponto de fluidez e do ponto de névoa

De uma forma geral o biodiesel a baixas temperaturas, tende a solidificar-se parcialmente ou a perder sua fluidez, levando à interrupção do fluxo, ocasionando problemas na partida do motor. Os valores para o ponto de fluidez e ponto de névoa devem ser estabelecidos por cada país em função do seu clima. No Brasil, é estabelecida a determinação do ponto de entupimento de filtro a frio para o biodiesel, conforme os métodos NBR 11349:1990. O valor máximo de 19 °C está estabelecido na Resolução brasileira é aplicável para as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e para o estado da Bahia, devendo ser anotado para as demais regiões. A Tabela 4 indica o comportamento físico do biodiesel de ouricuri e das suas misturas com diesel mineral com o aumento da temperatura. Destes ensaios, pode-se analisar o ponto de fluidez e o ponto de névoa das misturas.

Temperatura 0°C			Temperatura 3°C		Temperatura 6°C	
	Observação	Aspecto	Observação	Aspecto	Observação	Aspecto
B0	NC	TL	NC	TL	NC	TL
B20	C	AM	NC	TL	NC	FC
B40	C	AM	C	E	NC	FC
B60	C	AM	C	E	C	E
B80	C	AM	C	E	C	E
B100	C	AM	C	E	C	E

Temperatura 9°C			Temperatura 12°C		Temperatura 15°C	
	Observação	Aspecto	Observação	Aspecto	Observação	Aspecto
B0	NC	TL	NC	TL	NC	TL
B20	NC	TL	NC	TL	NC	TL
B40	NC	FC	NC	FC	NC	TL
B60	NC	FC	NC	FC	NC	FC
B80	C	E	C	E	NC	FC
B100	C	E	C	E	NC	FC

Temperatura 18°C			Temperatura 21°C		Temperatura 24°C	
	Observação	Aspecto	Observação	Aspecto	Observação	Aspecto
B0	NC	TL	NC	TL	NC	TL
B20	NC	TL	NC	TL	NC	TL
B40	NC	TL	NC	TL	NC	TL
B60	NC	FC	NC	FC	NC	TL
B80	NC	FC	NC	FC	NC	TL
B100	NC	FC	NC	FC	NC	TL

Tabela 3 - Congelamento da mistura de diesel /biodiesel etílico de ouricuri.

*C= congelou, NC= não congelou, AM= ausência de movimento, E= escorreu, FC= formação de cristais e TL= totalmente líquido.

Com a redução da temperatura ocorre a formação de núcleos de cristais parafínicos invisíveis a olho nu. O crescimento desses cristais aumenta com a redução da temperatura. Os cristais tornam-se visíveis numa temperatura definida como o ponto de névoa, porque os cristais formam uma suspensão enevoada, ou seja, o ponto de névoa pode ser entendido como a temperatura de um combustível em um processo de resfriamento, onde se observa a formação dos primeiros cristais. Conforme dados experimentais da Tabela 3, o ponto de névoa da mistura B20 foi alcançado na temperatura de 6 °C, o da mistura B40 foi à 12 °C e das misturas B60, B80 E B100 foi de 21°C onde observou-se a formação dos primeiros cristais no tubo de ensaio.

Em temperaturas abaixo do ponto de névoa, cristais maiores fundem-se uns aos outros e formam grandes aglomerados que podem restringir ou impedir o escoamento do

combustível em tubulações e filtros. Podemos então estabelecer o ponto de fluidez que é a menor temperatura em que o combustível ainda escoar. Este ponto é uma medida importante para a determinação das características de armazenagem e de transporte do combustível na instalação. Conforme a Tabela 3, vemos que todas as misturas de biodiesel/diesel e o biodiesel de ouricuri congelaram à 0°C. Com isso para as misturas B20, B40, B60, B80 e B100 obtemos o ponto de fluidez igual a 3°C, pois o ponto de fluidez corresponde a temperatura do ponto de congelamento mais 3°C. No entanto à 3°C, as misturas B20, B40, B60, B80 e B100 não se mantiveram estáticas, por um período de 5 segundos, ao colocar o tubo de ensaio contendo a amostra na posição horizontal. Seguimos observando-se o comportamento das misturas, aumentando-se gradativamente a temperatura até 24°C, com uma variação de 3°C à cada nova temperatura. Neste ponto, foi possível perceber que todas as misturas estavam totalmente no seu estado líquido.

Estas informações são de grande importância para avaliar a aplicabilidade do combustível em regiões de clima frio. Quanto maior for o tamanho da cadeia e/ou o caráter saturado das moléculas do biodiesel, mais altos serão os valores destes parâmetros. É de se esperar, portanto, que o biodiesel originário de gordura animal apresente valores mais elevados que o biodiesel proveniente de gordura vegetal, devido ao seu alto teor de ácidos graxos saturados. Essas propriedades desfavorecem o uso de óleos vegetais *in natura* em motores do ciclo diesel, particularmente em regiões de clima temperado, pois os óleos vegetais normalmente apresentam ponto de fluidez superior ao do diesel mineral convencional. Alternativamente, podem ser utilizados inibidores de cristalização, de forma a permitir o uso e estocagem destes combustíveis em regiões mais frias e a utilização de aditivos apropriados no óleo vegetal pode conferir-lhe maior fluidez, diminuindo seu ponto de fluidez. Vale ressaltar que este problema não é exclusivo do biodiesel, pois o diesel de petróleo contém parafinas que apresentam tipicamente o mesmo comportamento.

4 | CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas, percebeu-se que o aumento do percentual do diesel na mistura diesel/biodiesel deve ser estudado detalhadamente, a fim de assegurar um funcionamento adequado do motor, pois a mistura biodiesel / diesel é uma mistura muito complexa. Neste trabalho, foi realizada uma investigação do efeito da temperatura nas análises de viscosidade, densidade, ponto de névoa e ponto de fluidez para as misturas B0, B20, B40, B60, B80 e B100.

Em geral, a viscosidade e a densidade de biodiesel são afetadas pelo aumento do percentual de biodiesel na mistura biodiesel/diesel e pelo aumento da temperatura, quanto maior a temperatura menor será a viscosidade e densidade. Para o biodiesel de ouricuri e suas misturas, a viscosidade está na faixa de 1,5295 a 5,5706 mm².s⁻¹ e a densidade de 826,9 a 880,7 Kg/m³ e encontram-se dentro das normas estabelecidas.

A operacionalidade das misturas com biodieseis provenientes de palmáceas está diretamente relacionada a identificação do ponto de fluidez e do ponto de névoa das misturas, assim, este trabalho veio a contribuir para a identificação destes pontos para diferentes misturas com diesel de petróleo. O estudo avalia a aplicabilidade do biodiesel de ouricuri, assim como, de suas misturas em regiões de clima frio. Quanto maior a porcentagem de biodiesel na mistura, maior a influência nas propriedades de fluxo das misturas de biodiesel/diesel, fazendo-se necessária a adição de anti-congelantes e outros aditivos para sua utilização em climas frios. As misturas B20, B40, B60, B80 e B100 à temperatura igual ou inferior a 3°C, não irão fluir sem a adição de aditivos. As temperaturas mínimas para que não haja deposição no motor, provocando a queda das propriedades de fluxo são 6°C para a mistura B20; 12°C para B40; e, 21°C para B60, B80 e B100.

REFERÊNCIAS

- BENJUMEA, P.; AGUDELO, J. **Basic properties of palm oil biodiesel – diesel blends**. Fuel, v. 87, p. 2069–2075, 2008.
- DEMIRBAS, A. **Biodiesel Fuels from Vegetable Oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey**. Energy conversion and Management, v. 44, p. 2093-2109, 2003.
- HANIS, S. et al. **A review of biomass-derived heterogeneous catalyst for a sustainable biodiesel production**, 2016.
- HOEKMAN, S.K.; BROCH, A.; ROBBINS, C.; CENICEROS, E.; NATARAJAN, M. **Review of biodiesel composition, properties, and specifications**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 16, p. 143-169, 2012.
- MENG, X.; JIA, M.; WANG, T. **Neural network prediction of biodiesel kinematic viscosity at 313 K**. Fuel, v. 121, p. 133–140, 2014.
- OLIVEIRA, F. J. S. et al. **Generation, characterization and reuse of solid wastes from a biodiesel production plant**. Waste Management, 2016.
- TRAN, D.; CHANG, J.; LEE, D. **Recent insights into continuous-flow biodiesel production via catalytic and non-catalytic transesterification processes**. Applied Energy, v. 185, p. 376–409, 2017.
- VERMA, P.; DWIVEDI, G.; SHARMA, M. P. **Comprehensive analysis on potential factors of ethanol in Karanja biodiesel production and its kinetic studies**. Fuel, v. 188, p. 586–594, 2017.
- ZARSKA, M.; BARTOSZEK, K.; DZIDA, M. **High pressure physicochemical properties of biodiesel components derived from coconut oil or babassu oil**. Fuel, v. 125, p. 144–151, 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorção 73, 75, 76, 83, 92

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) 23

Alaranjado de metila 64, 65, 67, 70, 71, 73, 75, 77, 78, 79, 80, 83, 94, 96, 98, 99, 100

Aminas quirais 53, 63

Antioxidantes 12, 14, 15, 20, 25

Atividade fitoquímica 13

Azul de metileno 94, 96, 98, 100

B

Bambu 85, 86, 87, 89, 90, 91, 92

Band gap 65, 67, 72, 73, 77, 80, 83, 95

Bioativos 12, 14, 15, 20

Biodegradável 85, 87, 92

Biodiesel 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 62

C

Carboximetilcelulose (CMC) 85

Catalisador 24, 27, 35, 36, 39, 42, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 68, 95

Catálise homogênea 36

Combustível 23, 24, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33

Conhecimento químico 1, 10

Corante 64, 65, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 97, 98, 99, 100

D

Densidade 14, 23, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 33

Dióxido de Titânio (TiO₂) 64

Dolomita 53, 56, 57, 61, 63

E

Electrospinning 64, 65, 66, 68, 71, 72, 74, 75, 77, 78, 82

Ensino aprendizagem 1

Ensino de química 1

Entropia 45

Estágio supervisionado 1, 2, 6, 11

F

Fenólicos 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20
Fibras de carbono 45
Filmes finos 85, 87, 89, 90, 91, 92
Formação de professores 1, 4
Fotoatividade 65, 72, 73, 74, 75, 80, 83, 84, 100
Fotocatálise heterogênea 64, 65, 72, 95
Fotodegradação 64, 94, 99, 100
Fotoestável 94, 98
Fotorreação 95

L

Luminescência 76, 77, 80, 81
Luz 15, 18, 67, 68, 71, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 94, 95, 102, 103

M

Microestruturas 45
Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) 53, 57
Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) 64, 69, 70, 75, 79, 92

N

Nanocompósitos 85, 86, 87, 89, 91
Nanomateriais 64, 65, 73, 85, 86, 92
Nanotecnologia 65

O

Óleo diesel 23, 24, 25
Óleo vegetal 33, 35, 36, 39, 43
Ouricuri 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34
Óxido de ferro 85, 86, 87, 89, 90, 91, 92

P

Paládio 53, 55, 56, 61, 63
Piche mesofásico 45
Polietilenoglicol (PEG) 85
Polímeros 85
Poluição ambiental 95

Propriedades ópticas 64, 72, 75

Propriedades terapêuticas 12, 20

R

Radiação eletromagnética 76

Reflectância 76

Remediação 95, 97, 98, 99, 117

Resolução cinética dinâmica (RCD) 53, 54

Rodamina B 98, 99

S

Semicondutor 95

T

Teoria mesoscópica 45

Termodinâmica 45

Transesterificação 24, 27, 35, 36, 37, 38, 39, 42, 43, 44

Transmissão 53, 57, 76

Tungstênio 64, 72, 73, 75, 80, 83

V

Viscosidade 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33

O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS 2

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br




Atena
Editora
Ano 2022

O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS 2

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

📷 @atenaeditora

📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

