



**RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR**  
**ISSN 2675-6218**

**PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO**

**PRODUCTION OF BIODIESEL WITH VARIOUS RAW MATERIALS AND DIFFERENTIATION OF THE BIODIESEL-GLYCERIN PHASES AND WASHING WATER WITH VOLTAGE DIVIDER CIRCUIT AND ARDUINO**

**PRODUCCIÓN DE BIODIESEL CON DIVERSAS MATERIAS PRIMAS Y DIFERENCIACIÓN DE LAS FASES BIODIESEL-GLICERINA Y AGUA DE LAVADO CON CIRCUITO DIVISOR DE VOLTAJE Y ARDUINO**

Stefani Gabrieli Dias de Freitas<sup>1</sup>, Débora Nathália Fernandes Florindo<sup>2</sup>, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues<sup>2</sup>,  
 Kassandra Sussi Mustafé Oliveira<sup>2</sup>, Mario Mollo Neto<sup>2</sup>, Ricardo Alan Verdú Ramos<sup>2</sup>, Flávio José de Oliveira  
 Morais<sup>2</sup>, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos<sup>2</sup>

e453124

<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i5.3124>

PUBLICADO: 05/2023

**RESUMO**

Na produção de biodiesel em pequena escala, geralmente, após a reação de transesterificação, são utilizados decantadores para realizar a separação das fases biodiesel-glicerina e água de lavagem-biodiesel (etapa de purificação). Esse método de separação pode ser feito de forma automatizada, através de equipamentos que possuem sistemas de diferenciação das fases imiscíveis por meio da densidade, mas que apresentam alto custo em relação ao sistema de automação; ou pode ser feito modo manual através de um operador, que por meio de uma tubulação transparente deve observar a passagem dos líquidos e realizar o controle das válvulas, podendo cometer erros na análise visual e consequentemente comprometer na qualidade do combustível que está sendo produzido. Assim, no presente trabalho foi realizada a produção do biodiesel a partir de óleo de fritura, óleos vegetais (soja, milho, canola e girassol) e gorduras animais (bovina, suína e de frango) a fim de realizar a diferenciação das fases biodiesel-glicerina e água de lavagem-biodiesel através da diferença da leitura analógica no Arduino entre tais fases. Para isso foi utilizado um protótipo que possui um sistema eletrônico com Arduino junto a um sensor de condutividade elétrica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biodiesel. Glicerina. Condutividade elétrica.

**ABSTRACT**

*In small-scale biodiesel production, generally, after the transesterification reaction, decanters are used to perform the separation of the biodiesel-glycerin and washwater-biodiesel phases (purification step). This separation method can be done in an automated way, through equipment that has systems of differentiation of immiscible phases through density, but that have a high cost in relation to the automation system; or it can be done manually through an operator, who through a transparent pipe must observe the passage of liquids and perform the control of the valves, being able to make errors in the visual analysis and consequently compromise the quality of the fuel being produced. Thus, in the present work the production of biodiesel was carried out from frying oil, vegetable oils (soybean, corn, canola and sunflower) and animal fats (beef, pork and chicken) in order to differentiate the biodiesel-glycerin and washwater-biodiesel phases through the difference of the analog reading in the Arduino between such phases. For this, a prototype was used that has an electronic system with Arduino along with an electrical conductivity sensor.*

**KEYWORDS:** Biodiesel. Glycerin. Electrical conductivity.

<sup>1</sup> Instituto Federal de São Paulo.

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista - UNESP.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigueiro, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

### RESUMEN

*En la producción de biodiesel a pequeña escala, generalmente, después de la reacción de transesterificación, se utilizan decantadores para realizar la separación de las fases biodiesel-glicerina y agua-biodiesel (etapa de purificación). Este método de separación se puede hacer de forma automatizada, a través de equipos que cuentan con sistemas de diferenciación de fases inmiscibles a través de densidad, pero que tienen un alto costo en relación al sistema de automatización; o se puede hacer manualmente a través de un operador, que a través de una tubería transparente debe observar el paso de líquidos y realizar el control de las válvulas, pudiendo cometer errores en el análisis visual y consecuentemente comprometer la calidad del combustible que se está produciendo. Así, en el presente trabajo se realizó la producción de biodiesel a partir de aceite de fritura, aceites vegetales (soja, maíz, canola y girasol) y grasas animales (carne de res, cerdo y pollo) con el fin de diferenciar las fases biodiesel-glicerina y lavado-biodiesel a través de la diferencia de la lectura analógica en el Arduino entre dichas fases. Para ello, se utilizó un prototipo que cuenta con un sistema electrónico con Arduino junto con un sensor de conductividad eléctrica.*

**PALABRAS CLAVE:** Biodiesel. Glicerina. Conductividad eléctrica.

### 1 INTRODUÇÃO

Os combustíveis são extremamente importantes para atender às demandas energéticas da sociedade. Porém, grande parte da energia usada é proveniente de combustíveis fósseis, que se trata de uma fonte de energia não renovável, limitada e altamente poluidora, visto que a utilização desses combustíveis em grande escala tem provocado alterações na composição da atmosfera e aumento da temperatura média do planeta, ocasionando o aquecimento global, derretimento de gelos nos polos, poluição no meio ambiente, além de dar origem a diversos desequilíbrios ecológicos. Tendo isso em vista, a busca por alternativas para a utilização de energias renováveis e ambientalmente corretas para suprir as necessidades energéticas da sociedade tem sido discutida ao longo dos anos em quase todos os países do mundo (STELUTI, 2007).

A utilização de energias renováveis para substituir os combustíveis fósseis, mostra-se ser uma alternativa promissora e vantajosa, pois, além de serem energias limpas que praticamente não causam impactos ambientais, também são provenientes de fontes inesgotáveis.

Diante disso, o biodiesel apresenta-se como um combustível alternativo para substituir parcialmente ou integralmente o óleo diesel de petróleo, visto que pode ser utilizado em motores do ciclo diesel automotivo, como em ônibus, caminhões, tratores, além de também poder ser usado em motores de geradores de energia elétrica (SILVA; SOUZA, 2014). A utilização de biodiesel contribui para a redução do consumo de combustíveis fósseis e apresenta diversas vantagens relacionadas à redução de gases do efeito estufa e de outros poluentes atmosféricos.

O biodiesel é um combustível biodegradável, normalmente produzido por meio do processo de transesterificação de variadas matérias-primas vegetais, como soja, milho, canola, girassol, palma, entre outros, bem como também matéria-prima de origem animal, provenientes da gordura bovina, suína, de aves e peixes. Além disso, os óleos de fritura reaproveitados também podem ser usados como matéria-prima para a produção do biodiesel (REIS, 2014).



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

De acordo com Jun *et al.*, (2016) a estrutura molecular das gorduras animais e vegetais é formada por três de ácidos graxos esterificados ligados a uma molécula de glicerol, que devido a isso são conhecidos como triglicerídeos ou triglicérides. Assim, para a produção do biodiesel, o óleo vegetal ou a gordura animal é misturado com um álcool, normalmente o etanol ou metanol, de modo que em seguida é estimulado por um catalisador, que se trata de uma substância responsável por agilizar a reação química entre o óleo e o álcool, chamada de transesterificação, que rompe as ligações dos ácidos graxos com o glicerol, originando-se duas fases, sendo uma o glicerol (glicerina) e a outra os ésteres alquílicos, isto é, o biodiesel (SANTOS, 2013).

Na transesterificação para a obtenção do biodiesel, o catalisador utilizado na reação, geralmente o hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH), são considerados eletrólitos fortes, resultando em uma solução com alta condutividade elétrica, de modo que a fase da glicerina tende a ter maior condutividade elétrica do que o biodiesel.

Portanto, justifica-se esta pesquisa devido ao fato de estar diretamente relacionada com a questão de sustentabilidade, de modo que pode-se relacionar esse trabalho com os ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) presentes na ONU (Organização das Nações Unidas). Essa relação pode ser observada através dos ODS de número 7, 11, 12 e 13, que visam garantir acesso a fontes de energia acessível e sustentável, tornar as cidades e comunidades sustentáveis, garantir os padrões de consumo e produção sustentáveis e adotar ações para combater as mudanças climáticas e os seus impactos (ONU, 2021).

Contudo, o presente trabalho teve como objetivo principal produzir biodiesel a partir de diferentes óleos vegetais, sendo o óleo de soja, milho, canola e girassol, bem como, a partir de gorduras animais, como a bovina, suína e de ave, a fim de realizar a diferenciação das fases, glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel, por condutividade elétrica, foi utilizado um protótipo com um sistema eletrônico com Arduino junto a um sensor de condutividade elétrica

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 PRODUÇÃO DE BIODIESEL POR TRANSESTERIFICAÇÃO

Toda substância que possui triglicerídeos em sua composição pode ser utilizada para a produção de biodiesel (ENCARNAÇÃO, 2008). Os triglicerídeos são os compostos majoritários presentes em óleos e gorduras de origem animal ou vegetal, e que também podem ser encontrados em óleos de fritura ou resíduos industriais ou urbanos (MENEGETTI, S.; MENEGETTI, M.; BRITO, 2013).

Entretanto, os óleos vegetais possuem alta viscosidade e altos índices de ácidos graxos livres, e por esse motivo são inadequados para uso direto na maior parte dos motores a ciclo diesel (SANTOS, 2016). Assim, para a redução dessa viscosidade, diversos estudos estão sendo desenvolvidos, desde diluição, microemulsão com álcool, como alguns processos químicos, como a



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

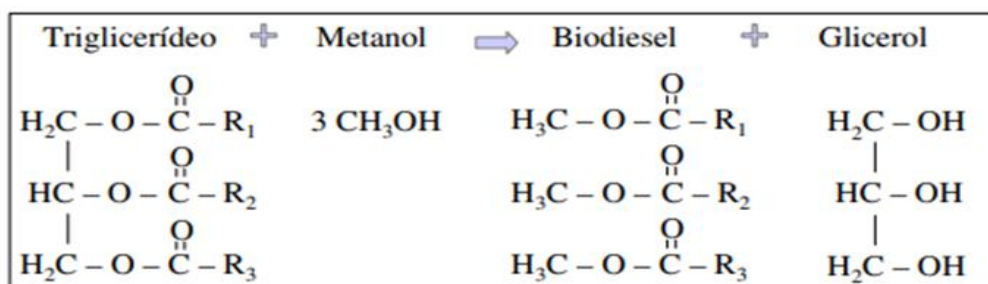
reação de transesterificação (QUESSADA, 2007), a fim de permitir a utilização de óleos vegetais em motores diesel sem que haja problemas operacionais (KNOTHE *et al.*, 2006).

A reação de transesterificação, também conhecida como alcoólise, causa a redução da viscosidade do óleo vegetal, de modo que aperfeiçoa o desempenho do mesmo em motores movidos a diesel (MA; HANNA, 1999; FUKUDA *et al.*, 2001 *apud* QUESSADA, 2007). Nessa reação, ocorre a separação da glicerina do óleo vegetal, já que cerca de 20% de uma molécula do óleo vegetal é constituída por glicerol, que faz com que o óleo seja viscoso e denso. Assim, no decorrer da reação de transesterificação, o glicerol é retirado do óleo vegetal, de modo que torna o óleo mais fino e reduz sua viscosidade (BIODIESELBR, 2011 *apud* SANTOS, 2013).

O processo mais usado atualmente para obtenção do biodiesel no mundo é a transesterificação de triacilglicerídeos, realizada na presença de catalisadores ácidos, básicos ou enzimáticos, que podem ser homogêneos ou heterogêneos, usando um álcool de cadeia curta, como metanol, etanol, propanol ou butanol (SALTARIN, 2013 *apud* GAIO, 2019), produzindo ésteres (metílicos ou etílicos) de ácidos graxos e glicerina como resíduo (SANTOS, 2016).

Conforme apresenta a figura 1, na reação de transesterificação o triglicerídeo sob a influência de um catalisador básico e na presença de um álcool, geralmente o metanol ou o etanol, sofre uma reação, no qual é produzida três moléculas de ésteres metílicos ou etílicos dos ácidos graxos que compõem o biodiesel e libera uma molécula de glicerol (SANTOS, 2013).

Figura 1: Esquema geral da reação de transesterificação



Fonte: Encarnação (2008)

No processo de transesterificação, os catalisadores alcalinos mais empregados são o hidróxido de potássio (KOH) e o hidróxido de sódio (NaOH) (SILVA, 2011 *apud* GAIO, 2019). No entanto, o hidróxido de sódio se destaca devido suas propriedades, como a corrosividade, condições reacionais, custo e disponibilidade, que são aspectos muito importantes e que devem ser levados em conta na escolha do catalisador (ENCINAR *et al.*, 2007; MATH *et al.* 2007; SALTARIN, *apud* GAIO, 2019).

Assim, Freedman, Butterfield e Pryde (1986 *apud* MENEGHETTI, S.; MENEGHETTI, M.; BRITO, 2013) afirma que o mecanismo do processo de transesterificação ocorre em três etapas consecutivas e reversíveis. Na primeira etapa, ocorre a conversão de triglicerídeos em diglicerídeos.

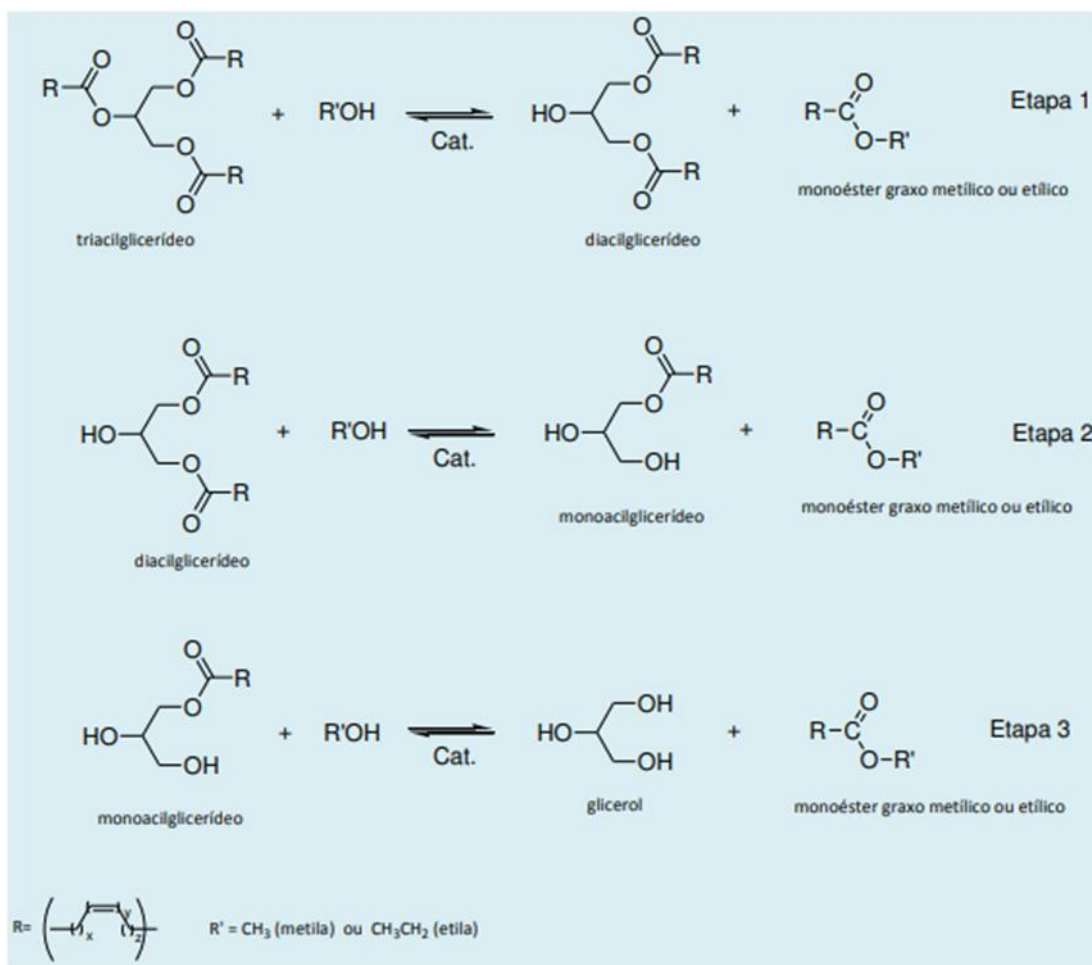


## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Em seguida, há a conversão dos diglicerídeos em monoglicerídeos, que depois são convertidos em glicerol, liberando uma molécula de éster alquílico para cada etapa anterior (QUESSADA, 2007), como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Conversão de triglicerídeos e formação de glicerol e biodiesel



Fonte: Meneghetti, S.; Meneghetti, M.; Brito (2013)

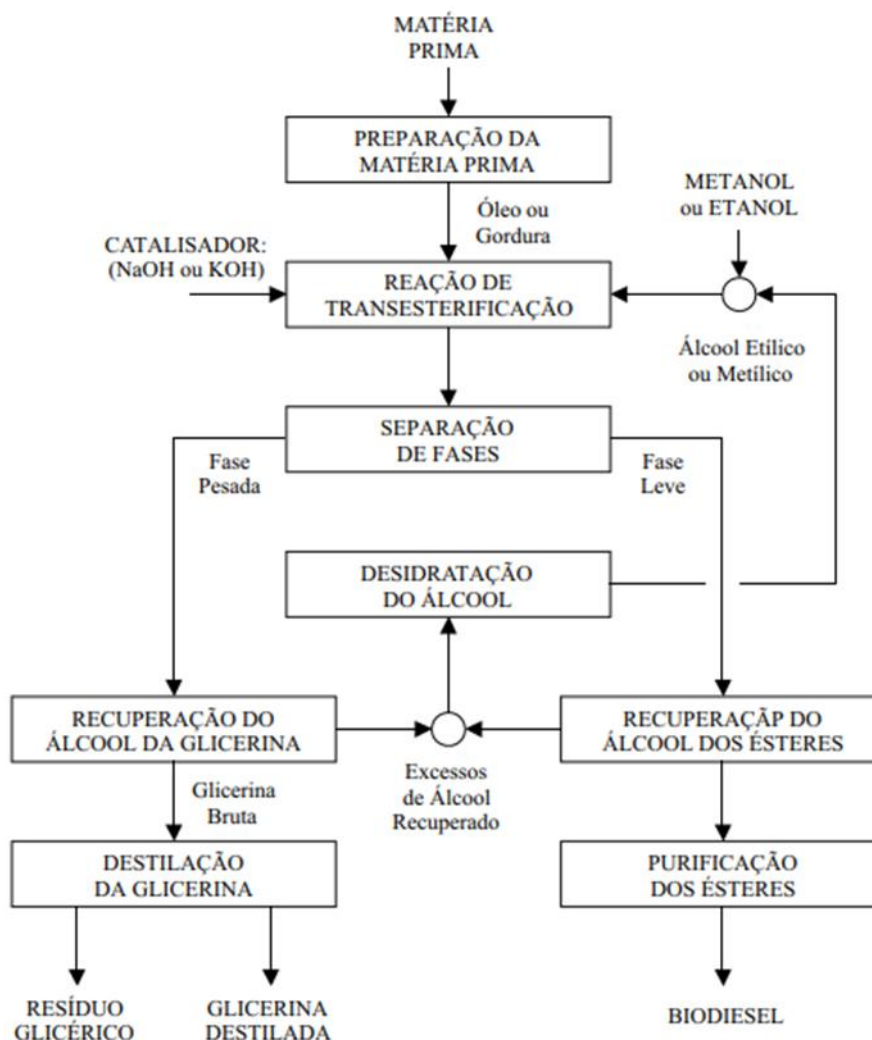
O processo de produção de biodiesel por meio da transesterificação, a partir de qualquer matéria-prima, envolve as etapas de preparação da matéria-prima, reação, separação de fases, recuperação e desidratação do álcool, e purificação dos ésteres e da glicerina, como é mostrado na Figura 3.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Figura 3 - Fluxograma do processo de produção de biodiesel



Fonte: Parente (2003, *apud* ENCARNAÇÃO, 2008)

Segundo Encarnação (2008), para que seja possível alcançar resultados satisfatórios, os óleos devem ser processados com baixo teor de ácidos graxos livres e umidade para que não ocorra a formação de produtos saponificados que diminuem a eficiência de conversão.

Assim, para que a reação transesterificação ocorra de maneira satisfatória é preciso ter o controle das variáveis reacionais, como o tipo de álcool utilizado, temperatura de reação, tipo do catalisador e a quantidade usada, tempo de reação e a razão molar álcool/óleo (SANTOS, 2016).

De acordo com Parente (2003) e com base no fluxograma apresentado na figura 3, as etapas relacionadas à preparação da matéria-prima para a sua conversão em biodiesel, buscam criar condições favoráveis para a execução da reação de transesterificação com máxima taxa de conversão. Desse modo, é preciso que a matéria-prima utilizada tenha o mínimo de umidade e de



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

acidez, no qual é possível alcançar isso submetendo a mesma em um sistema de neutralização, por meio de uma lavagem com uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH), seguida de um processo de secagem ou desumidificação.

No trabalho desenvolvido por Freitas (2022), no qual realizou um estudo buscando avaliar a produção de biodiesel a partir de diversas matérias-primas de origem vegetal, foi possível notar que o método mais utilizado para obtenção de biodiesel a partir os óleos vegetais é o de transesterificação usando o álcool metanol, com destaque para o óleo de soja que mostrou ser uma matéria-prima bastante eficiente para produção do biodiesel.

No entanto, no estudo realizado por Florindo (2022) sobre a produção de biodiesel com óleo de fritura, foi notado que o óleo residual de fritura se apresenta também como uma boa alternativa para a produção do biodiesel, devido ao seu baixo custo, alto potencial de conversão e fácil obtenção e manuseio.

### 2.1.1 TITULAÇÃO

A quantidade de catalisador é um fator muito importante na produção do biodiesel (SANTOS, 2013). Os catalisadores mais eficientes para serem utilizados na reação de transesterificação para a obtenção do biodiesel são o hidróxido de sódio ou o de potássio (ENCARNAÇÃO, 2008). Segundo Dib (2010), a quantidade mínima sugerida no processo de titulação do óleo é de 4 gramas de NaOH para cada litro de óleo ou gordura de matéria-prima, desse modo, o catalisador adicional é determinado por meio dessa titulação do óleo.

Na titulação do óleo para a determinação da quantidade de catalisador que será usado na reação de transesterificação, é preparada uma solução de hidróxido de sódio a 1/1000 em água destilada. Isto ocorre através da dissolução de 1 grama de NaOH em 1 litro de água destilada. Logo depois, utilizando um recipiente transparente, 1 ml de óleo da matéria-prima é misturado com 9 ml de álcool isopropílico, no qual são agitados até formar uma mistura homogênea com o óleo dissolvido no álcool (DIB, 2010). Em seguida, nessa mistura são adicionadas 10 gotas de fenolftaleína a 1% em álcool etílico, agitando até obter novamente uma mistura homogênea (SANTOS, 2013).

A fenolftaleína é um indicador de pH utilizada para exibir uma alteração no pH do óleo. Quando o pH é neutro, a fenolftaleína fica incolor. No entanto, caso esse pH se torne básico (conforme adiciona-se NaOH), a cor passa a ser rosa claro. Dessa forma, a partir dessa solução é possível determinar a quantidade de catalisador que falta para que o óleo passe de ácido para básico rapidamente (DIB, 2010).

Se o resultado da mistura do óleo com o álcool isopropílico e fenolftaleína atingir uma coloração rosa claro e permanecer por cerca de 10 segundos, quer dizer que a titulação está finalizada. Caso contrário, é necessário continuar a titulação. Para isso, deve-se adicionar hidróxido de sódio/água destilada na mistura aos poucos e ir agitando, até que seja possível observar uma coloração rosa claro por mais de 10 segundos. Ao terminar a titulação, a quantidade de hidróxido de



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

sódio/água destilada usada é somada, de modo que cada ml adicional corresponde a 1 grama de hidróxido de sódio por litro de óleo que deverá ser adicionada junto a quantidade mínima de catalisador, ou seja, 4 gramas, para que seja possível alcançar um processamento certo do óleo que foi titulado (SANTOS, 2013).

### 2.1.2 PREPARAÇÃO DO METÓXIDO

De acordo com Parente (2003), o processo de transesterificação é a etapa de conversão do óleo ou gordura em ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, que compõem o biodiesel e o glicerol (glicerina).

Para que ocorra a reação de transesterificação é preciso preparar o metóxido. Para isso, adiciona-se 20% de volume de metanol em relação ao volume de óleo usado para a matéria-prima. Em seguida, deve-se adicionar o catalisador e agitar até obter uma mistura homogênea. Após finalizado a preparação do metóxido, deve misturar a mistura obtida com a matéria-prima que deve estar entre 60 e 65 °C, e logo depois essa mistura deve ser agitada por 30 minutos para que ocorra a reação de transesterificação (GERPEN *et. al*, 2004 *apud* SANTOS, 2013).

Após terminada a reação de transesterificação do óleo, a massa reacional final será composta por duas fases (biodiesel e glicerol) separáveis por decantação e/ou por centrifugação (PARENTE, 2003).

### 2.1.3 LAVAGEM DO BIODIESEL

Segundo Lima *et al.*, (2016), a lavagem do biodiesel é uma etapa extremamente importante, pois nela são removidas as impurezas e resíduos ainda presentes na fase de biodiesel.

Para realizar essa lavagem, é necessário adicionar 10% de água destilada em relação ao volume do biodiesel e agitar por 5 minutos.

Após isso, a mistura obtida é deixada em repouso até obter uma boa separação das fases (água e biodiesel) por decantação, que posteriormente serão separadas através de um funil de separação.

Vale ressaltar, que a etapa de lavagem do biodiesel é realizada por três vezes.

## 2.2 DIFERENCIAÇÃO DE FASES LÍQUIDAS E MISTURAS HETEROGÊNEAS POR CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Na produção do biodiesel, a separação de fases é uma etapa fundamental. A separação de fases biodiesel-glicerina é a primeira etapa em que ocorre a recuperação do produto na maior parte dos processos de produção de biodiesel (STELUTI, 2007).

De acordo com Santos (2013), a pureza do biodiesel deve ser elevada e conforme determinadas especificações. Assim, Kucek (2004 *apud* STELUTI, 2007) afirma que “a obtenção de altos rendimentos de reação e a purificação final dos ésteres depende fundamentalmente da



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

eficiência com que se obtenha a separação entre as fases que contêm os ésteres e a glicerina.” No entanto, devido à baixa solubilidade e a diferença de densidade entre as fases, normalmente o método de separação empregado é o de decantação (STELUTI, 2007).

Visto isso, Atkins e Jones (2006 *apud* VIEIRA; BRAIBANTE; MIRANDA, 2014) dizem que o processo de decantação é uma técnica de separação relativamente simples, no qual se baseia na diferença de densidade entre os componentes presentes na mistura. Além disso, esse processo abrange misturas heterogêneas de dois tipos diferentes, sendo o líquido e sólido e líquidos imiscíveis.

Desse modo, no presente trabalho o método empregado para a separação de fases do biodiesel foi o de decantação, no qual após a reação de transesterificação, a amostra transesterificada foi colocada em um funil de separação, onde ficou em decantação até que fosse possível observar a formação de duas fases bem definidas, sendo a mais densa constituída pelo glicerol e a outra com menor densidade composta pelo biodiesel, como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 - Fases biodiesel e glicerina em um funil de separação



Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022)

Segundo Cardoso *et al.*, (2007), durante o tempo de descanso da mistura, o catalisador homogêneo alcalino migra para a fase glicerol, de modo que devido a suas propriedades iônicas, ele acaba ficando concentrado nessa fase. Por esse motivo, a condutividade elétrica do glicerol acaba sendo muito maior que a condutividade do biodiesel.



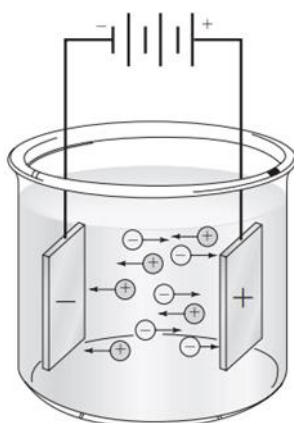
## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Assim, Santos (2013) afirma que após o processo de produção do biodiesel, embora o álcool e glicerol não sejam eletrólitos, os catalisadores utilizados na reação de transesterificação (NaOH ou KOH) são eletrólitos fortes, de modo que originam soluções com alta condutividade. Assim, no funil de separação a fase da glicerina apresenta maior condutividade que a fase biodiesel.

No processo eletrostático, chamado de migração, os íons se movem sob a influência de um campo elétrico. Dessa forma, a velocidade que os íons se movem para a superfície do eletrodo ou para longe dela, normalmente aumenta à medida que o potencial do eletrodo também aumenta. Esse movimento de cargas forma-se em uma corrente, que também aumenta com o potencial (SKOOG *et al.*, 2006). Na figura 5, é representado o processo de migração, onde há o movimento de íons ao longo de uma solução devido a atração eletrostática entre os íons e os eletrodos.

Figura 5 - Processo de migração dos íons



Fonte: Skoog *et al.* (2006)

O sistema constituído pela glicerina e biodiesel, entre as chapas metálicas de um sensor, pode ser comparado com um resistor, visto que esses fluidos apresentam certa resistência ao fluxo de corrente elétrica, de modo que o biodiesel por apresentar alta resistência elétrica, acaba funcionando como um dielétrico entre as chapas (SANTOS, 2013).

Conforme Pallas-Areny e Webter (2001 *apud* RODRIGUES, 2020), os sensores baseados em condutividade elétrica de líquidos usam a dependência da condutividade do eletrólito sobre a concentração de espécies iônicas dissolvida, de tal modo que o desenvolvimento de certas medições é concedido a Friedrich Kohlrausch.

Com a aplicação de um campo elétrico em um eletrólito, as forças eletrostáticas agem sobre os íons. O eletrodo positivo, ou seja, o ânodo atrai os íons negativos e o eletrodo negativo, ou seja, o cátodo atrai os íons positivos. Os íons agitados se movem dentro da solução contra o arrasto viscoso dos íons dissolvidos de carga oposta, originando em uma velocidade constante de migração. A

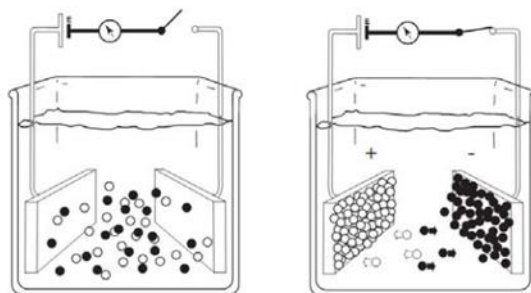


## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

tensão medida pelo par de eletrodos submersos em uma solução, como pode ser vista na figura 6, é proporcional a corrente elétrica, de modo que segue a lei de Ohm (SANTOS, 2013).

Figura 6 - Célula de condutividade elétrica execução



Fonte: Pasco (1997 apud Santos, 2013)

De acordo com Pallas-Areny e Webster (2001 *apud* RODRIGUES, 2020) a corrente em um eletrólito quando empregada a uma tensão por meio de dois eletrodos imersos, depende da geometria do sensor e da condutividade do eletrólito. Porém, a corrente elétrica através da célula é desproporcional à tensão aplicada quando há a polarização no anodo e catodo, o que provoca uma queda de tensão.

No entanto, nesse trabalho será aplicado a medição de condutividade elétrica de líquidos por contato, que normalmente é formado por dois eletrodos de metal que ficam em contato com a solução eletrolítica (EMERSON PROCESS, 2010 *apud* RODRIGUES, 2020).

Dessa forma, no presente estudo, para realizar a diferenciação das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel (em cada uma das 3 lavagens) foi utilizado um protótipo com o Arduino Mega 2560, no qual possuía um sensor para a medição da resistência elétrica de cada fluido, onde o valor era exibido em um display LCD. Assim, o protótipo em questão será apresentado no próximo subcapítulo.

### 2.3 EQUIPAMENTO UTILIZADO PARA A MEDIÇÃO DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DAS FASES

#### 2.3.1 CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO

Em relação ao circuito eletrônico para detectar os valores de condutividade elétrica das fases glicerol-biodiesel e água de lavagem-biodiesel, foi utilizado um circuito divisor de tensão, geralmente usados para medir os valores de resistência elétrica (PALLAS-ARENY; WEBSTER, 2001 *apud* SANTOS, 2013).

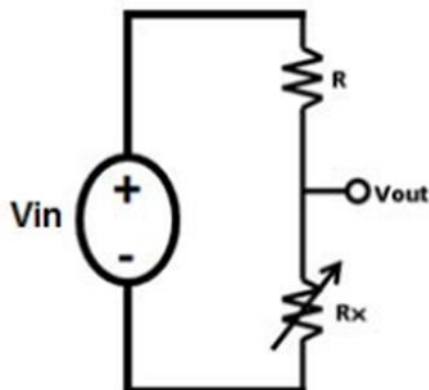
Segundo Nahvi e Edminister (2003 *apud* SANTOS, 2013) a regra do circuito divisor de tensão se aplica a resistores ligados em séries, como é apresentado na Figura 7, onde R trata-se de uma resistência elétrica com valor fixo (620 K $\Omega$ ) e Rx a resistência variável mostrada pelo sensor.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Moraes, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Figura 7 - Representação de um circuito divisor de tensão para medição de resistência elétrica



Fonte: Adaptado de Pallas-Areny e Webster (2001 *apud* SANTOS, 2013)

O circuito divisor de tensão constitui-se de dois resistores ligados em série que são projetados com a finalidade de diminuir a tensão de entrada para a tensão desejada, que pode ser alcançada de acordo com o dimensionamento dos resistores. A tensão que é aplicada se divide e sofre uma diminuição de maneira proporcional nos resistores presentes no circuito, assim, quanto maior o valor da resistência, menor é a tensão de saída (RODRIGUES, 2020).

No entanto, no presente estudo foi utilizado um circuito divisor de tensão, com uma fonte de corrente contínua, um resistor fixo e o sensor, que funciona de modo semelhante a uma resistência variável (MENDONÇA, 2020).

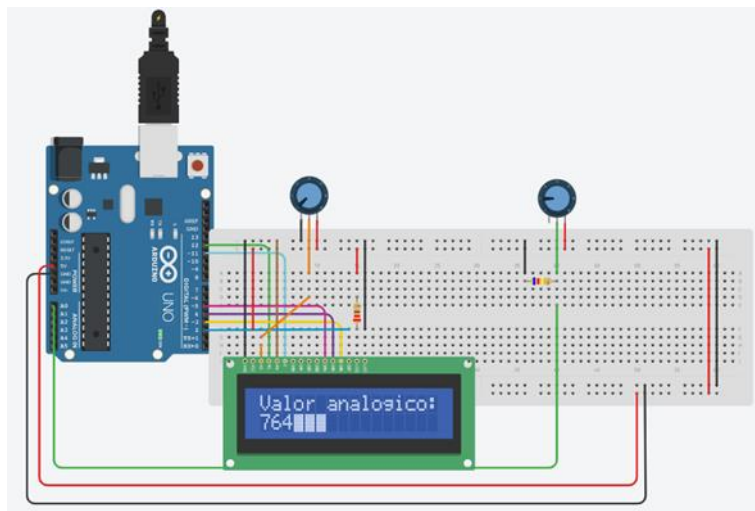
Assim, na Figura 8 há uma representação da simulação do protótipo usado no presente trabalho para fazer as medições de condutividade elétrica, utilizando o Tinkercad. Nele o modelo do Arduino é diferente do que foi utilizado na prática, pois nessa ferramenta utilizada não há o Arduino Mega 2560. Além disso, o sensor do protótipo foi simulado utilizando um potenciômetro, que envia um valor entre 0 e 1023 na entrada analógica do Arduino, assim como o sensor do projeto.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Figura 8 - Representação do protótipo no Tinkercad

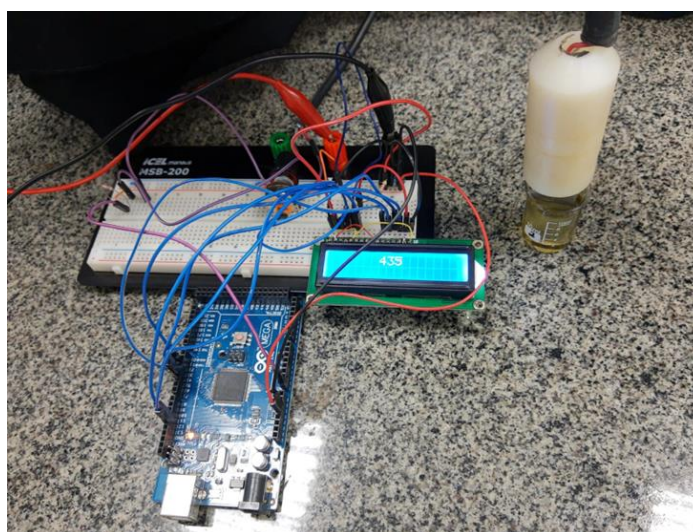


Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022)

### 2.3.2 PROTÓTIPO UTILIZADO

O protótipo utilizado no estudo para a determinação da condutividade elétrica das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel, consiste em um sensor que mede a condutividade elétrica de cada fase e os valores captados por ele são enviados à uma entrada analógica do Arduino Mega 2560 e exibido no display LCD, como pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 - Protótipo para a medição da condutividade elétrica



Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022)



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Moraes, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Para realizar a medição da condutividade elétrica das fases, o sensor foi inserido em cada um dos béqueres com glicerina, biodiesel e água de lavagem, de modo que após cada medição de cada fase o sensor era limpo com água destilada para que não houvesse interferências de possíveis impurezas sobre ele. No entanto, como o protótipo em questão não exibia um valor fixo no LCD e ficava variando, era feito um registro visual da leitura e o valor era registrado em uma tabela dos resultados obtidos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM ÓLEO DE FRITURA

Para a produção de biodiesel com óleo de fritura foi realizada a titulação do óleo, no qual foi possível chegar a um valor de 6,5 g de NaOH, por litro, pois foi necessário 2,5 ml da solução de hidróxido de sódio/água destilada a mais para deixar o óleo neutralizado. Para realizar a transesterificação alcalina foram utilizados, 200 ml de óleo de fritura em cada uma das três amostras, 40 ml de metanol por amostra e 3,9 g de NaOH.

Os resultados obtidos com a medição da leitura analógica no Arduino das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel, de cada uma das 3 amostras do óleo de fritura e de cada etapa do processo de lavagem, estão representados na tabela 1.

Tabela 1 - Leitura Analógica no Arduino das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel utilizando óleo de fritura

Processo	Fase	Resultados – Leitura Analógica no Arduino			
		Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Média
Transesterificação	Glicerina	142	148	154	148
	Biodiesel	326	435	531	430,67
1° lavagem	Água	116	114	116	115,33
	Biodiesel	266	372	214	284,00
2° lavagem	Água	93	105	119	105,67
	Biodiesel	294	262	246	267,33
3° lavagem	Água	105	147	159	137,00
	Biodiesel	319	239	276	278,00

Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022)

Conforme os resultados obtidos de da leitura analógica no Arduino, pode-se perceber que os valores recebidos na entrada analógica do Arduino enquanto o sensor estava em contato com o biodiesel puro, estavam em uma faixa de 300 a 500, que são valores bem maiores do que a da fase glicerina que estavam entre 140 e 150 aproximadamente.

Em relação a água de lavagem, os valores da leitura analógica no Arduino eram sempre menores do que do biodiesel. Os valores obtidos pelo Arduino enquanto o sensor recebia a água de



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

lavagem, ficavam em uma faixa entre 100 e 150, de modo que enquanto estava em contato com o biodiesel apresentava valores entre 200 e 300, o que nos mostra que os valores de leitura analógica no Arduino do biodiesel eram duas vezes maiores do que das águas de lavagem.

### 3.2 PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM ÓLEO DE SOJA

Para a titulação do óleo de soja foi possível alcançar um valor de 4,3 g de NaOH, por litro, já que foi necessário 0,3 ml da solução de hidróxido de sódio/água destilada. Para a transesterificação alcalina foram usados 200 ml de óleo de soja em cada uma das três amostras, 40 ml de metanol por amostra e 2,58 g de NaOH.

Os valores de leitura analógica no Arduino das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel, de cada etapa do processo de lavagem, estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Leitura Analógica no Arduino das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel utilizando óleo de soja

Processo	Fase	Resultados - Leitura Analógica no Arduino			
		Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Média
Transesterificação	Glicerina	150	161	162	157,67
	Biodiesel	531	584	417	510,67
1º lavagem	Água	110	152	93	118,33
	Biodiesel	483	609	641	577,67
2º lavagem	Água	140	132	111	127,67
	Biodiesel	997	946	836	926,33
3º lavagem	Água	139	185	195	173,00
	Biodiesel	948	926	926	933,33

Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022).

Com base na tabela acima é possível observar que os valores da leitura analógica no Arduino da glicerina são bem menores do que os do biodiesel. Enquanto os valores da glicerina estão entre 100 e 200, os valores do biodiesel estão em uma faixa entre 400 e 500, ou seja, cerca de quatro vezes maior que os valores da glicerina.

Em relação aos valores da leitura analógica no Arduino da água de lavagem, é possível notar também que eles são bem inferiores aos valores da fase biodiesel, já que se encontram na faixa de 100 e 200, assim como os valores da glicerina. Os valores obtidos leitura analógica no Arduino enquanto o sensor estava em contato com o biodiesel foram bem grandes, pois estavam na faixa entre 400 e 1000.

Ainda conforme a tabela 2, é possível observar que os valores de leitura analógica no Arduino do biodiesel da primeira lavagem para a segunda lavagem aumentaram cerca de duas vezes mais, e na terceira lavagem esses valores permaneceram na mesma faixa, entre 900 e 1000.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Moraes, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

### 3.3 PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM ÓLEO DE MILHO

Para a titulação do óleo de milho foi possível atingir um valor de 4,5 g de NaOH, por litro, já que foi necessário 0,5 ml da solução de hidróxido de sódio/água destilada. Para a transesterificação alcalina foram usados 200 ml de óleo de soja em cada uma das três amostras, 40 ml de metanol por amostra e 2,7 g de NaOH.

Os resultados obtidos com a leitura analógica no Arduino das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel, de cada etapa do processo de lavagem, estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 - Leitura Analógica no Arduino das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel utilizando óleo de milho

Processo	Fase	Resultados - Leitura Analógica no Arduino			
		Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Média
Transesterificação	Glicerina	132	113	122	122,33
	Biodiesel	223	285	218	242,00
1° lavagem	Água	68	77	73	72,67
	Biodiesel	333	336	228	299,00
2° lavagem	Água	76	86	67	76,33
	Biodiesel	237	567	383	395,67
3° lavagem	Água	86	123	144	117,67
	Biodiesel	237	225	215	225,67

Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022).

Conforme os resultados obtidos de leitura analógica no Arduino, o biodiesel apresentou valores cerca de duas vezes maior do que a fase glicerina.

Com os valores obtidos de leitura analógica no Arduino das águas de lavagem, foi possível notar que seus valores foram bem menores que o do biodiesel. Enquanto os valores das águas estavam na faixa entre 60 e 150 aproximadamente, os valores do biodiesel estavam em uma faixa de 200 e 400.

### 3.4 PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM ÓLEO DE CANOLA

Para a titulação do óleo de canola foi possível chegar a um valor de 4,4 g de NaOH, por litro, já que foi necessário 0,4 ml da solução de hidróxido de sódio/água destilada. Para a transesterificação alcalina foram usados 200 ml de óleo de soja em cada uma das três amostras, 40 ml de metanol por amostra e 2,64 g de NaOH.

Os valores da leitura analógica no Arduino das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel, de cada etapa do processo de lavagem, estão apresentados na tabela 4, como pode ser visto abaixo.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Tabela 4 - Leitura Analógica no Arduino das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel utilizando óleo de canola

Processo	Fase	Resultados - Leitura Analógica no Arduino			
		Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Média
Transesterificação	Glicerina	136	148	147	143,67
	biodiesel	430	451	461	447,33
1° lavagem	Água	167	158	146	157,00
	biodiesel	296	346	316	319,33
2° lavagem	Água	114	113	102	109,67
	biodiesel	387	486	300	391,00
3° lavagem	Água	151	203	210	188,00
	biodiesel	420	819	423	554,00

Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022)

Com base nos resultados obtidos leitura analógica no Arduino, pode-se notar que os valores do biodiesel são superiores aos da glicerina, cerca de 3 vezes maior, de modo que seus valores estão entre 400 e 500, e o da glicerina estão entre 100 e 200.

Em relação aos valores das águas de lavagem, é possível observar que eles são inferiores aos valores de condutividade de biodiesel, apresentando valores em uma faixa entre 100 e 200 aproximadamente.

Além disso, é possível notar que a cada lavagem, os valores de leitura analógica no Arduino do biodiesel foram aumentando.

### 3.5 PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM ÓLEO DE GIRASSOL

Para a titulação do óleo de girassol, foi possível alcançar um valor de 4,3 g de NaOH, por litro, já que foi necessário 0,3 ml da solução de hidróxido de sódio/água destilada. Para a transesterificação alcalina foram usados 200 ml de óleo de soja em cada uma das três amostras, 40 ml de metanol por amostra e 2,58 g de NaOH.

Os resultados obtidos com a leitura analógica no Arduino das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel, de cada etapa do processo de lavagem, estão representados na tabela 5.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Tabela 5 - Leitura Analógica no Arduino das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel utilizando óleo de girassol

Processo	Fase	Resultados - Leitura Analógica no Arduino			
		Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Média
Transesterificação	Glicerina	97	107	120	108
	Biodiesel	175	195	320	230,00
1° lavagem	Água	67	95	100	87,33
	Biodiesel	377	324	372	357,67
2° lavagem	Água	122	106	106	111,33
	Biodiesel	418	307	395	373,33
3° lavagem	Água	162	158	168	162,67
	Biodiesel	323	573	609	501,67

Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022)

A partir da tabela acima, pode-se perceber que os valores de leitura analógica no Arduino da glicerina foram menores que os do biodiesel. O valor de leitura analógica no Arduino da glicerina estavam entre 90 e 120, enquanto o do biodiesel puro estavam entre 100 e 400.

Os valores de leitura analógica no Arduino do biodiesel em relação a água de lavagem foram bem maiores, de modo que seus valores estavam em uma faixa entre 300 e 600, enquanto os das águas de lavagem estavam abaixo de 200, ou seja, valores bastante inferiores aos do biodiesel.

### 3.6 PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM GORDURA SUÍNA

Para a titulação da gordura suína foi possível chegar a um valor de 4,8 g de NaOH, por litro, já que foi necessário 0,8 ml da solução de hidróxido de sódio/água destilada. Para a transesterificação foram utilizados 200 ml de gordura suína em cada uma das três amostras, 40 ml de metanol por amostra e 2,88 g de NaOH.

A medição leitura analógica no Arduino das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel, de cada etapa do processo de lavagem, estão mostradas na Tabela 6.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Tabela 6 - Leitura Analógica no Arduino das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel utilizando gordura suína

Processo	Fase	Resultados - Leitura Analógica no Arduino			
		Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Média
Transesterificação	Glicerina	110	169	95	124,67
	Biodiesel	347	366	377	363,33
1° lavagem	Água	86	100	106	97,33
	Biodiesel	385	397	202	328,00
2° lavagem	Água	126	133	133	130,67
	Biodiesel	390	454	470	438,00
3° lavagem	Água	198	226	240	221,33
	Biodiesel	369	380	438	395,67

Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022)

Conforme os dados da tabela acima, em relação a leitura analógica no Arduino do biodiesel puro e da glicerina, é possível observar que o biodiesel apresentou valores cerca de três vezes maior do que a fase glicerina, que apresentou leitura analógica no Arduino na faixa entre 90 e 200.

A leitura analógica no Arduino das águas de lavagem quando comparadas a do biodiesel, mostram-se ser bastantes inferiores, visto que com base nas informações acima, os valores de leitura das águas de lavagens ficaram abaixo de 300, enquanto o do biodiesel ficaram na faixa entre 200 e 500. É possível notar também, que a cada lavagem a leitura analógica no Arduino da água aumentava.

### 3.7 PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM GORDURA DE FRANGO

Para a titulação da gordura de frango foi possível atingir um valor de 5 g de NaOH, por litro, já que foi necessário 1 ml da solução de hidróxido de sódio/água destilada. Para a reação de transesterificação alcalina foram utilizados 196 ml de gordura de frango em cada uma das três amostras, 40 ml de metanol por amostra e 2,94 g de NaOH.

Os resultados obtidos com a medição da leitura analógica no Arduino das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel, para cada etapa do processo de lavagem, estão representados na tabela 7.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Tabela 7 - Leitura Analógica no Arduino das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel utilizando gordura de frango

Processo	Fase	Resultados - Leitura Analógica no Arduino			
		Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Média
Transesterificação	Glicerina	133	132	145	136,67
	Biodiesel	402	432	435	423,00
1° lavagem	Água	90	99	110	99,67
	Biodiesel	178	192	234	201,33
2° lavagem	Água	102	96	87	95,00
	Biodiesel	241	387	236	288,00
3° lavagem	Água	130	127	114	123,67
	Biodiesel	159	203	198	186,67

Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022).

A partir das informações acima, pode-se notar que leitura analógica no Arduino da fase glicerina ficou na faixa entre 100 e 200, ou seja, valores relativamente baixos quando comparados com os valores do biodiesel puro que ficaram na faixa entre 400 e 500, cerca de três vezes maior do que a da fase glicerina.

Em relação à leitura analógica no Arduino das águas de lavagem e do biodiesel já purificado conforme as lavagens, é possível observar que os valores das águas ficaram na faixa entre 90 e 130, enquanto os valores do biodiesel mostraram-se ser superiores a eles, já que ficaram na faixa entre 100 e 400.

### 3.8 PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM GORDURA BOVINA

Para a titulação da gordura bovina foi possível alcançar um valor de 5 g de NaOH, por litro, já que foi necessário 1 ml da solução de hidróxido de sódio/água destilada. Para a reação de transesterificação alcalina foram utilizados 150 ml de gordura de frango em cada uma das três amostras, 40 ml de metanol por amostra e 2,25 g de NaOH.

Os valores obtidos com a medição da leitura analógica no Arduino das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel, em cada etapa do processo de lavagem, estão apresentados na tabela 8.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Tabela 8 - Leitura Analógica no Arduino das fases glicerina-biodiesel e água de lavagem-biodiesel utilizando gordura bovina

Processo	Fase	Resultados - Leitura Analógica no Arduino			
		Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Média
Transesterificação	Glicerina	70	62	53	61,666667
	Biodiesel	276	162	206	214,67
1° lavagem	Água	66	74	82	74,00
	Biodiesel	191	161	164	172,00
2° lavagem	Água	43	62	82	62,33
	Biodiesel	144	151	153	149,33
3° lavagem	Água	102	118	133	117,67
	Biodiesel	166	252	198	205,33

Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022)

Analisando os dados acima, é possível perceber que os valores de leitura analógica no Arduino da glicerina foram bem menores que a condutividade do biodiesel puro. O biodiesel apresentou leitura analógica no Arduino cerca de quatro vezes maiores do que a da fase glicerina. Enquanto os valores do biodiesel estavam na faixa entre 100 e 300, os da glicerina estavam na faixa entre 50 e 70.

A leitura analógica no Arduino das águas de lavagem também foi bem baixa quando comparadas a do biodiesel. Os valores de leitura das águas de lavagem ficaram na faixa entre 40 e 140 aproximadamente, enquanto os do biodiesel ficaram entre 100 e 300, cerca de duas vezes maior do que os da glicerina.

### 3.9 DISCUSSÃO GERAL SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS

#### 3.9.1 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DAS FASES GLICERINA E BIODIESEL

Com base nos resultados obtidos com a medição da leitura analógica no Arduino das fases glicerina e biodiesel, foi feita uma tabela com a média dos valores obtidos com a medição de condutividade das três amostras para cada uma das matérias-primas utilizadas, como pode ser vista na tabela 9.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Tabela 9 - Média da leitura Analógica no Arduino da glicerina e biodiesel das três amostras para cada uma das matérias-primas

Matéria-prima	Glicerina	Biodiesel
Óleo de fritura	148	431
Óleo de soja	158	511
Óleo de canola	144	447
Óleo de milho	122	242
Óleo de girassol	108	230
Gordura de frango	137	423
Gordura suína	125	363
Gordura bovina	62	215
<b>Média</b>	<b>125</b>	<b>358</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>21,17</b>	
<b>Diferença</b>	<b>2,85</b>	

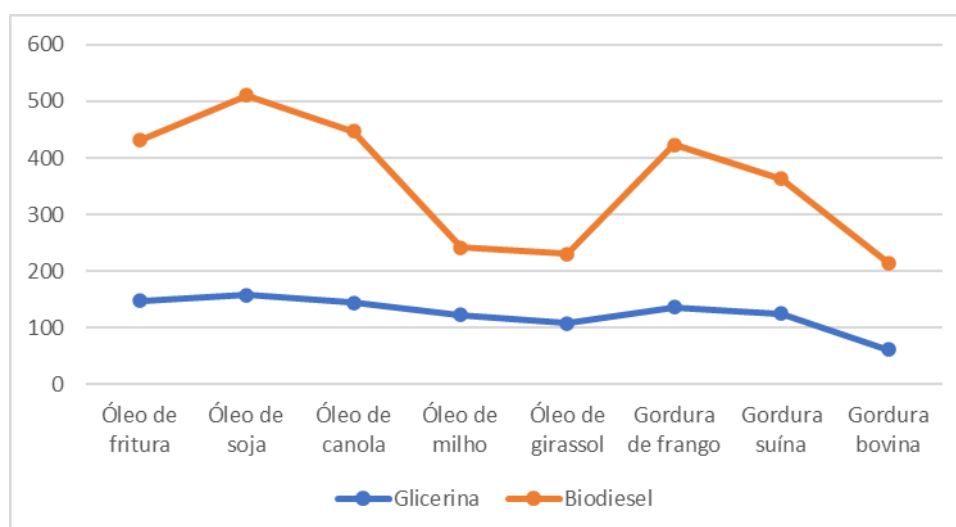
Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022)

Conforme os dados da tabela acima, é possível observar que os valores de leitura analógica no Arduino do biodiesel são bem maiores que os valores da glicerina, cerca de quatro vezes maior.

O valor da média de leitura analógica no Arduino do biodiesel para todas as matérias primas apresentou valores 2,85 vezes maior do que a fase glicerina. Além disso, o desvio padrão entre os valores médio para a glicerina e biodiesel puro entre as matérias-primas foi de 21,1675.

Assim, para melhor visualização dos resultados obtidos foi feito um gráfico com as leituras analógicas médias do Arduino da condutividade elétrica, que está representado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Leituras analógicas médias do Arduino (0-1023) com o condutímetro do projeto



Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022)



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Com base no gráfico fica evidente a superioridade de valores da leitura analógica no Arduino do biodiesel puro em relação a condutividade da glicerina, de modo que os seus valores de condutividade elétrica ficaram na faixa entre 300 e 500, enquanto os da glicerina ficaram abaixo de 200.

Analisando o gráfico pode-se perceber que o biodiesel e a glicerina obtidos a partir do óleo de soja foram os que mostraram ter maior diferença de valores observados na leitura analógica no Arduino, enquanto o biodiesel e glicerina obtidos através da gordura bovina foram os que tiveram menores valores.

### 3.9.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DAS FASES ÁGUA DE LAVAGEM E BIODIESEL PARA A PRIMEIRA LAVAGEM

Conforme os resultados obtidos com a medição da condutividade elétrica das fases água de lavagem e biodiesel para a primeira lavagem, foi feita uma tabela com a média dos valores obtidos com a medição de leitura analógica no arduíno das três amostras para cada uma das matérias-primas utilizadas, como pode ser vista na tabela 10.

Tabela 10 - Média da leitura Analógica no Arduino da água de lavagem e biodiesel das três amostras para cada uma das matérias-primas na primeira lavagem

Primeira Lavagem		
Matéria-prima	Água de lavagem	Biodiesel
Óleo de fritura	115	284
Óleo de soja	118	578
Óleo de canola	157	319
Óleo de milho	73	299
Óleo de girassol	87	358
Gordura de frango	100	201
Gordura suína	97	328
Gordura bovina	74	172
<b>Média</b>	<b>103</b>	<b>317</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>20,64</b>	
<b>Diferença</b>	<b>3,08</b>	

A partir das informações acima, pode-se perceber que o valores de leitura analógica no arduíno da água de lavagem são bem inferiores que os valores do biodiesel.

O valor da média de leitura analógica no arduíno do biodiesel para todas as matérias primas mostrou ter valor 3,08 vezes maior do que da fase água de lavagem. Além disso, o desvio padrão entre os valores médio para a água de lavagem e biodiesel entre as matérias-primas foi de aproximadamente 20,6.

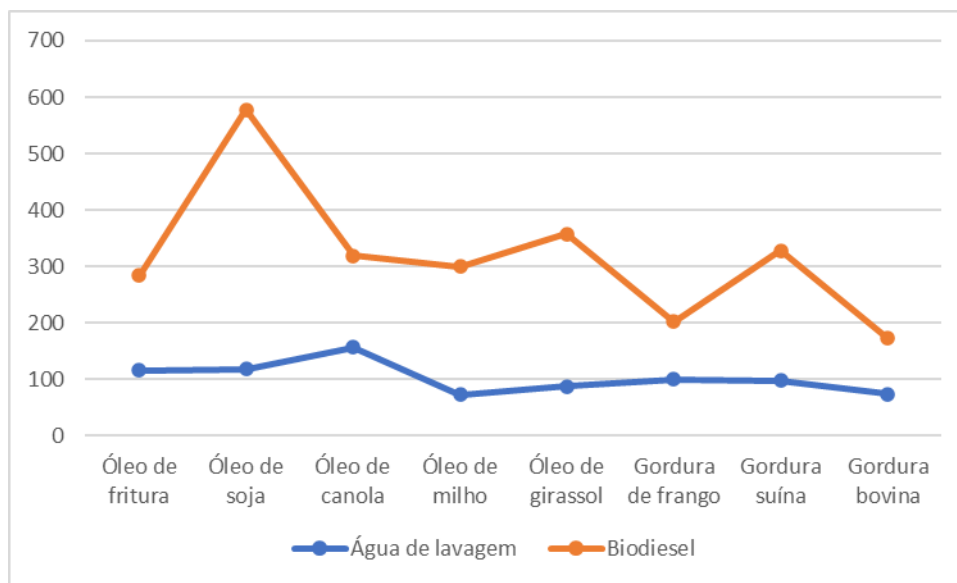


## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Para melhor visualização dos resultados obtidos foi feito um gráfico com as leituras analógicas médias do Arduino, como é mostrado no Gráfico 2.

Gráfico 2: Leituras analógicas médias do Arduino (0-1023) com o condutivímetro do projeto para a primeira lavagem



Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022)

Conforme os dados do gráfico é possível observar que a leitura analógica no arduíno do biodiesel é sempre maior que a leitura analógica no arduíno da fase glicerina. Os valores de leitura analógica no arduíno do biodiesel ficaram na faixa entre 200 e 600, aproximadamente, enquanto os valores da glicerina ficaram abaixo de 200.

De acordo com o gráfico, pode-se que o biodiesel obtido a partir do óleo de soja foi o que teve maior valores de leitura, enquanto o biodiesel obtido através da gordura bovina foi o que apresentou menores valores. Em relação a água de lavagem, a que apresentou maior leitura analógica no arduíno foi proveniente da lavagem do óleo de canola, e a que teve menor valor foi a proveniente da lavagem do óleo de milho e da gordura bovina, que ficaram bem próximas.

### 3.9.3 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DAS FASES ÁGUA DE LAVAGEM E BIODIESEL PARA A SEGUNDA LAVAGEM

A partir dos resultados obtidos com a medição da leitura analógica no arduíno das fases água de lavagem e biodiesel para a segunda lavagem, foi feita uma tabela com a média dos valores obtidos com a medição das três amostras para cada uma das matérias-primas utilizadas, como pode ser vista na Tabela 11.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Tabela 11 - Média da Leitura Analógica no Arduino da água de lavagem e biodiesel das três amostras para cada uma das matérias-primas na segunda lavagem

Segunda Lavagem		
Matéria-prima	Água de lavagem	Biodiesel
Óleo de fritura	106	267
Óleo de soja	128	926
Óleo de canola	110	391
Óleo de milho	76	396
Óleo de girassol	111	373
Gordura de frango	95	288
Gordura suína	131	438
Gordura bovina	62	149
<b>Média</b>	<b>102</b>	<b>404</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>18,34</b>	
<b>Diferença</b>	<b>3,96</b>	

Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022).

Com os valores obtidos da média de leitura analógica no Arduino para cada uma das matérias-primas, é possível notar que a leitura analógica no Arduino do biodiesel apresentou ser bem maior que os valores da água de lavagem, independentemente da matéria-prima utilizada. Enquanto a leitura analógica no Arduino do biodiesel estava em uma faixa entre 150 e 900 aproximadamente, da água de lavagem estava abaixo de 150, o que mostra uma grande diferença de valores entre essas duas fases.

O valor médio de leitura analógica no Arduino do biodiesel para todas as matérias primas mostrou ter valores de leitura 3,96 vezes maior do que a da água de lavagem. Além disso, o desvio padrão entre os valores médio de leitura para a água de lavagem e biodiesel entre as matérias-primas foi de aproximadamente 18,33 como pode ser visto na tabela.

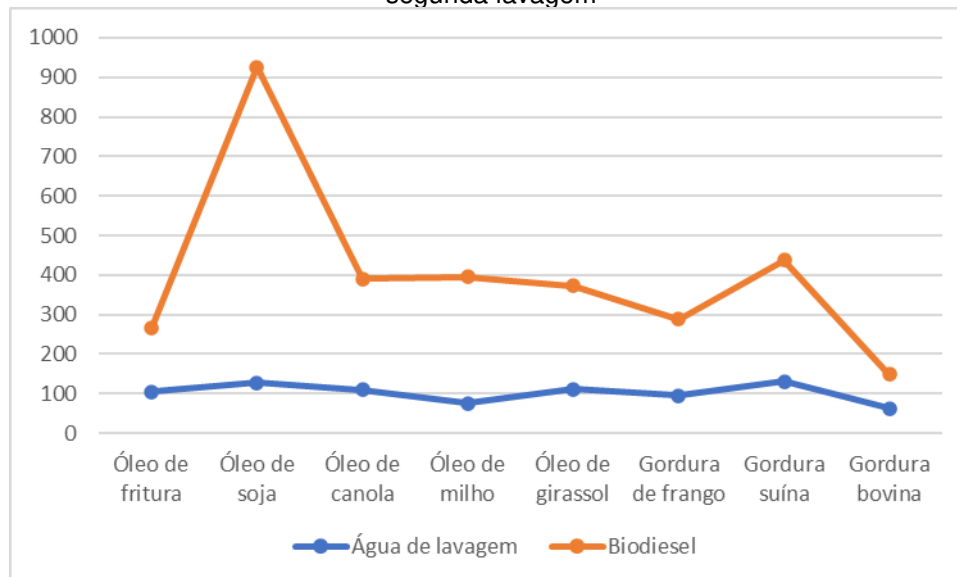
Assim, para que seja possível observar com maior clareza a diferença de leitura analógica no Arduino entre as fases água de lavagem-biodiesel para cada uma das matérias-primas usadas, foi feito um gráfico com as leituras analógicas médias do Arduino, como é mostrado no Gráfico 3.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Gráfico 3 - Leituras analógicas médias do Arduino (0-1023) com o condutivímetro do projeto para a segunda lavagem



Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022)

Com base no gráfico, pode-se observar que o biodiesel obtido a partir do óleo de soja foi o que apresentou ter maior valor para leitura analógica no Arduino, enquanto o biodiesel obtido a partir da gordura bovina foi o que apresentou menor valor. Em relação a água de lavagem, a que mostrou ter maior leitura analógica no Arduino foi a proveniente da lavagem da gordura suína, e a que teve menor valor foi a proveniente da lavagem da gordura bovina e do óleo de milho, que apresentaram valores de leitura analógica no Arduino bem próximas.

### 3.9.4 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DAS FASES ÁGUA DE LAVAGEM E BIODIESEL PARA A TERCEIRA LAVAGEM

Com base nos resultados alcançados com a medição da leitura analógica no Arduino das fases água de lavagem e biodiesel para a primeira lavagem, foi feita uma tabela com a média dos valores obtidos com a medição de leitura analógica no Arduino das três amostras para cada uma das matérias-primas utilizadas, como pode ser vista na Tabela 12.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Tabela 12 - Média da leitura Analógica no Arduino da água de lavagem e biodiesel das três amostras para cada uma das matérias-primas na terceira lavagem

<b>Terceira Lavagem</b>		
<b>Matéria-prima</b>	<b>Água de lavagem</b>	<b>Biodiesel</b>
Óleo de fritura	137	278
Óleo de soja	173	933
Óleo de canola	188	554
Óleo de milho	118	226
Óleo de girassol	163	502
Gordura de frango	124	187
Gordura suína	221	396
Gordura bovina	118	205
<b>Média</b>	<b>155</b>	<b>410</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>31,12</b>	
<b>Diferença</b>	<b>2,65</b>	

Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022)

Conforme os dados da tabela acima, é possível notar que a leitura analógica no Arduino do biodiesel apresentou ser bem maior que a condutividade da água de lavagem. Os valores de leitura analógica no Arduino do biodiesel estavam na faixa entre 180 e 940 aproximadamente, e os da água de lavagem estavam aproximadamente entre 120 e 170.

Desse modo, o valor médio de leitura analógica no Arduino do biodiesel para todas as matérias primas apresentou condutividade elétrica 2,65 vezes maior do que a da água de lavagem. Além disso, o desvio padrão entre os valores médio de leitura analógica no Arduino das fases água de lavagem-biodiesel entre as matérias-primas foi de 31,12 aproximadamente.

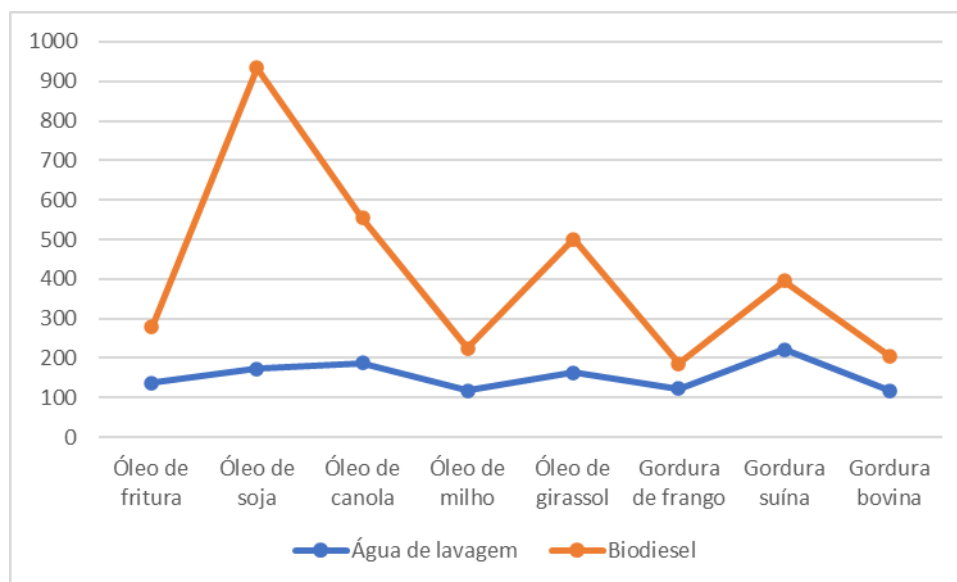
Assim, para melhor visualização da diferença de leitura analógica no Arduino entre as fases água de lavagem e biodiesel, foi feito um gráfico com as leituras analógicas médias do Arduino da condutividade elétrica, como é apresentado no Gráfico 4.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigueiro, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Gráfico 4 - Leituras analógicas médias do Arduino (0-1023) com o condutivímetro do projeto para a terceira lavagem



Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2022)

Conforme o gráfico, é possível observar que a leitura analógica no Arduino do biodiesel mostrou ser maior que a da fase glicerina para todas as matérias-primas. Os valores de leitura analógica no Arduino do biodiesel ficaram na faixa entre 180 e 950, aproximadamente, enquanto os valores da glicerina ficaram bem próximos a 200.

O biodiesel obtido a partir do óleo de soja foi o que apresentou maior leitura analógica no Arduino, enquanto o biodiesel obtido através da gordura de frango foi o que apresentou menor. Em relação a água de lavagem, a que teve maior leitura analógica no Arduino foi proveniente da lavagem da gordura suína, e a que apresentou menor foi a proveniente da lavagem do óleo de milho.

#### 4. CONSIDERAÇÕES

A partir desse estudo foi possível concluir que por meio da leitura analógica no Arduino é possível realizar a diferenciação das fases biodiesel-glicerina e água de lavagem-biodiesel de forma eficiente, já que a partir do protótipo utilizado os valores de condutividade elétrica captados pelo sensor mostraram ser bastantes diferentes entre tais fases.

O método empregado para a obtenção do biodiesel, ou seja, a reação de transesterificação utilizando álcool metanol e NaOH como catalisador, mostrou ser bastante eficaz, já que por meio desse processo foi possível obter ótimos resultados.

Com os resultados obtidos a partir da medição de condutividade elétrica das fases biodiesel-glicerina e água de lavagem-biodiesel para todas as matérias-primas, foi possível observar que o biodiesel sempre apresentava valores de leitura analógica no Arduino maiores que das fases



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

glicerina e água de lavagem. Assim, o valor do médio de leitura analógica no Arduino do biodiesel para todas as matérias primas apresentou valores cerca de 2,85 vezes maior do que a fase glicerina, visto que o valor médio de leitura analógica no Arduino da glicerina era de 125, enquanto o do biodiesel era de 358.

Em relação as matérias-primas a que mais se destacou foi o óleo de soja, no qual a partir dele tanto o biodiesel quanto a glicerina e água de lavagem (de cada etapa do processo de lavagem) sempre apresentaram maior valor de leitura analógica no Arduino em relação as outras matérias-primas. Entretanto, a gordura bovina e óleo de milho não mostraram ser muito eficientes, pois foram os que apresentaram ter menor leitura analógica no Arduino com a medição das fases biodiesel-glicerina e água de lavagem-biodiesel.

O protótipo utilizado para a medição mostrou ser bastante eficiente, pois a partir dele foi possível alcançar resultados satisfatórios que atendem o que havia sido proposto no início do estudo, de modo que foi possível realizar a diferenciação das fases biodiesel-glicerina e água de lavagem-biodiesel. Desse modo, pode-se perceber que o protótipo em questão pode ser usado para automatizar equipamentos que realizam a separação das fases na produção do biodiesel, visto que a partir dele é possível aumentar a eficiência na separação das fases. Além disso, ele também pode ser usado em processos que envolva/m a separação de misturas heterogêneas que possuem condutividade elétrica.

Uma proposta para trabalhos futuros é que desenvolvam um protótipo utilizando um circuito eletrônico com um microcontrolador diferente do Arduino e que apliquem o mesmo em um reator de produção e separação do biodiesel. Outra proposta para trabalhos que pretendem utilizar ou se basear no protótipo utilizado no presente estudo, é que desenvolvam uma lógica de programação no qual o valor captado pelo sensor e exibido no LCD fique fixo na tela, para que seja possível alcançar resultados mais precisos e satisfatórios.

### REFERÊNCIAS

CARDOSO, Dilson et al. **Sensor de condutividade e método para controle do escoamento do biodiesel e de produtos em fase líquida de condutividades diversas.** [S. l.: s. n.], 2007. Disponível em: <https://ain.ufscar.br/patentes/756430.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2022.

DIB, Fernando Henrique. **Produção de biodiesel a partir de óleo residual reciclado e realização de testes comparativos com outros tipos de biodiesel e proporções de mistura em um motor gerador.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, 2010. Disponível em: <https://condor.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariamecanica/nuplen/producao-de-biodiesel-a-partir-de-oleo-residual-reciclado-e-realizacao-de-testes-comparativos-com-outros-tipos-de-biodiesel-e-proporcoes-de-mistura-em-um-moto-gerador.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigueiro, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

ENCARNAÇÃO, Ana Paula Gama. **Geração de biodiesel pelos processos de transesterificação e hidroesterificação, uma avaliação econômica.** 2007. Dissertação (Mestre em Ciências) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2008. Disponível em: <http://www.tpqb.eq.ufrj.br/download/biodiesel-via-trans-e-hidroesterificacao.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2022.

FLORINDO, Débora Nathália Fernandes. Systematic literature review: Biodiesel production from residual frying oil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e33511527106, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i5.27106. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27106>. Acesso em: 01 set. 2022.

FREITAS, Stefani Gabrieli Dias de. Biodiesel production from soybean, corn, sunflower and canola oil by transesterification: a systematic review. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e33411527167, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i5.27167. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27167>. Acesso em: 01 set. 2022.

GAIO, Glenda Rodrigues de Sousa. **Produção de biodiesel etílico com NaOH de óleo residual de fritura da coleta seletiva de Foz do Iguaçu/PR.** 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Energia) - Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, PR, 2019. Disponível em: <https://dspace.unila.edu.br/bitstream/handle/123456789/5967/Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20Biodiesel%20Et%C3%ADlico%20com%20NAOH%20De%20%C3%93leo%20Residual%20de%20Fritura%20da%20Coleta%20Seletiva%20de%20Foz%20Do%20Igua%C3%A7u/PR?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19 jul. 2022.

JUN, André et al. **Ácidos Graxos e Fosfolípidos.** 2016. Resumo (artigo) - Universidade de São Paulo (USP), Instituto de Química, 2016. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2274192/mod\\_resource/content/0/Resumo\\_08\\_Gr10.pdf#:~:text=1\)%20Triacilglicerol.alteram%20seu%20ponto%20de%20fus%C3%A3o](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2274192/mod_resource/content/0/Resumo_08_Gr10.pdf#:~:text=1)%20Triacilglicerol.alteram%20seu%20ponto%20de%20fus%C3%A3o). Acesso em: 18 jul. 2022.

KNOTHE, Gerhard et al. **Manual de biodiesel.** São Paulo: Blucher, 2006. Disponível em: [https://www.blucher.com.br/manual-de-biodiesel\\_9788521204053](https://www.blucher.com.br/manual-de-biodiesel_9788521204053). Acesso em: 19 jul. 2022.

LIMA, Elton Rodrigo Lopes de et al. Estudo do processo de lavagem durante a separação da mistura glicerina/biodiesel. In: ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 2016, . **Anais eletrônicos [...]** Campinas, Galoá, 2016. Disponível em: <https://proceedings.science/cobeq/cobeq-2016/papers/estudo-do-processo-de-lavagem-durante-a-separacao-da-mistura-glicerina-biodiesel->. Acesso em: 20 jul. 2022.

MENDONÇA, Vinicius Eduardo Batista. **Diferenciação automática das fases glicerol-biodiesel, bem como a separação das mesmas.** [S. l.: s. n.], 2020.

MENEGHETTI, S. M. P.; MENEGHETTI, M. R.; BRITO, Y. C. A Reação de Transesterificação, Algumas Aplicações e Obtenção de Biodiesel. **Revista Virtual de Química**, [s. l.], v. 5, ed. 1, 17 jan. 2013. Disponível em: <http://static.sites.sbg.org.br/rvq.sbg.org.br/pdf/v5n1a07.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2022.

ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS):** Pacto Global. [S. l.]: ONU, 2021. Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/ods>. Acesso em: 18 jul. 2022.

PARENTE, Expedito José de Sá. **BIODIESEL: Uma Aventura Tecnológica num País Engraçado.** [S. l.: s. n.], 2003. Disponível em: <http://www.xitizap.com/Livro-Biodiesel.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2022.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM DIVERSAS MATÉRIAS PRIMAS E DIFERENCIAÇÃO DAS FASES BIODIESEL-GLICERINA E ÁGUAS DE LAVAGEM COM CIRCUITO DIVISOR DE TENSÃO E ARDUINO  
Stefani Gabrieli Dias de Freitas, Débora Nathália Fernandes Florindo, Mariana Matulovic da Silva Rodrigues, Kassandra Sussi Mustafé Oliveira, Mario Mollo Neto, Ricardo Alan Verdú Ramos, Flávio José de Oliveira Morais, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

QUESSADA, Talita Pedrosa. **Obtenção de biocombustíveis a partir de óleo vegetal utilizando diversos catalisadores**. 2007. Relatório (Graduação em Química) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007. Disponível em: [http://www.uel.br/grupopesquisa/meioambiente/fotopetro/arquivos/tcc/talita\\_pedrosa\\_quessada.pdf](http://www.uel.br/grupopesquisa/meioambiente/fotopetro/arquivos/tcc/talita_pedrosa_quessada.pdf)  
Acesso em: 19 jul. 2022.

REIS, Diany Lucy Silveira dos. **Influência da matéria-prima nas propriedades elétricas de biodiesel e misturas diesel e biodiesel**. 2014. Dissertação (Mestre em Química) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/905/1/DianyLucySilveiradosReis.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2022.

RODRIGUES, Thiago Rocha. **Desenvolvimento de sensor de condutividade elétrica para automação do processo de separação das fases biodiesel-glicerina e biodiesel-água de lavagem**. [S. l.: s. n.], 2020.

SANTOS, Maria Fernanda Vicente dos. **Produção de Biodiesel por Transesterificação Utilizando Catalisador Heterogêneo (KOH/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Química do Petróleo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/38327/3/Produ%C3%A7%C3%A3oBiodiesel\\_Santos\\_2016.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/38327/3/Produ%C3%A7%C3%A3oBiodiesel_Santos_2016.pdf). Acesso em: 19 jul. 2022.

SANTOS, Paulo Sérgio Barbosa dos. **Desenvolvimento e teste de um sistema para separação automática das fases glicerol-biodiesel utilizando sensor de condutividade elétrica**. 2013. 143 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, São Paulo, 2013. Disponível em: [https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariamecanica/nuplen/paulo\\_serjio\\_separac\\_qlicerol\\_biodiesel.pdf](https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariamecanica/nuplen/paulo_serjio_separac_qlicerol_biodiesel.pdf). Acesso em: 18 jul. 2022.

SILVA, Gustavo Kenji Iwazaki da; SOUZA, José Ezequiel de. **Avaliação da condutividade elétrica da mistura diesel/biodiesel em função da concentração de biodiesel**. [S. l.: s. n.], 2014. Disponível em: <http://eventos.ufgd.edu.br/enepex/anais/arquivos/160.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2022.

SKOOG, Douglas A. *et al.* **Fundamentos De Química Analítica**. 8. ed. [S. l.: s. n.], 2006. Disponível em: [https://www.inesul.edu.br/site/documentos/QUIMICA\\_ANALITICA\\_SKOOG.pdf](https://www.inesul.edu.br/site/documentos/QUIMICA_ANALITICA_SKOOG.pdf). Acesso em: 19 jul. 2022.

STELUTI, Andrés José Cocato. **Estudo do processo de separação das fases biodiesel-glicerina por centrifugação**. 2007. Dissertação (Mestre em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2007. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/3644>. Acesso em: 20 jul. 2022.

VIEIRA, Valesca V.; BRAIBANTE, Mara E. F.; MIRANDA, Ana C. G. Estratégias metodológicas diferenciadas para o ensino de separação de misturas. *In: EDEQ*, 34., 2014, Santa Cruz do Sul. **Proceedings** [...], 2014. Disponível em: <https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/edeq/article/viewFile/11946/1798#:~:text=A%20peneira%20a%20C3%A7%C3%A3o%20ou%20tamisa%20C3%A7%C3%A3o%20C3%A9,peneira%2C%20retendo%20os%20gr%C3%A3os%20maiores>. Acesso em: 20 jul. 2022.