



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Purificação Simplificada do Rejeito de Glicerina Bruta da Produção de Biodiesel da Biorrefinaria Berso-UFPE: Uma Prática Sustentável

Andreza Cristiane Custódio¹, Rubson Patrik Sena Ribeiro², Thais Brunelle Santana de Lima³, Elmo Silvano de Araújo⁴, Patrícia Lopes Barros de Araújo⁵

¹ Doutoranda em Desenvolvimento e Inovação Tecnológica em Medicamentos pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Laboratório de Polímeros e Nanoestruturas (LPN), Departamento de Energia Nuclear (DEN-UFPE), CEP: 50740-540, Recife (PE), Brasil, Tel.: (+55 81) 2126-7987, andrezacristiane03@gmail.com (corresponding author). ² Graduando em Licenciatura em Química pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFPE). Laboratório de Polímeros e Nanoestruturas (LPN), Departamento de Energia Nuclear (DEN-UFPE), CEP: 50740-540, Recife (PE), Brasil, Tel.: (+55 81) 2126-7987, rubsonsenna@gmail.com. ³ Doutora em Tecnologia Energéticas e Nucleares pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Laboratório de Polímeros e Nanoestruturas (LPN), Departamento de Energia Nuclear (DEN-UFPE), CEP: 50740-540, Recife (PE), Brasil, Tel.: (+55 81) 2126-7987, thais.lima@ufpe.br. ⁴ Professor do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Laboratório de Polímeros e Nanoestruturas (LPN), Departamento de Energia Nuclear (DEN-UFPE), CEP: 50740-540, Recife (PE), Brasil, Tel.: (+55 81) 2126-7987, elmo.araujo@ufpe.br. ⁵ Professora do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Inovação Tecnológica em Medicamentos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Laboratório de Polímeros e Nanoestruturas (LPN), Departamento de Energia Nuclear (DEN-UFPE), CEP: 50740-540, Recife (PE), Brasil, Tel.: (+55 81) 2126-7987, patricia.lbaraujo@ufpe.br.

Artigo recebido em 05/04/2022 e aceito em 28/06/22

RESUMO

A Biorrefinaria Experimental de Resíduos Sólidos Orgânicos (BERSO) do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) produz biodiesel a partir de rejeitos de óleos e gorduras de cozinha produzidos na própria Universidade. Esse tipo de produção do biodiesel aparece como uma alternativa para a produção do biocombustível a partir de utilização de rejeitos. Entretanto, essa produção de biodiesel gera um subproduto, a glicerina bruta, em quantidade aproximada de 10% por litro do biocombustível obtido. Essa alta produção de resíduos traz problemas ambientais se a glicerina bruta for descartada no ambiente sem os devidos cuidados. Entretanto, o aproveitamento desse resíduo exige intensa purificação prévia, que acaba onerando o processo. Neste trabalho, é apresentado um processo simplificado de purificação da glicerina bruta que permitiu aumentar o teor de glicerol inicial, melhorando a viabilidade do processo de purificação. Desta maneira, o reaproveitamento tem o intuito de corroborar com a consolidação do processo sustentável para obtenção do biocombustível pela BERSO fazendo uso do subproduto obtido, o glicerol, que através de um processo de purificação e refinamento da fase bruta gera-se matéria-prima com teor de pureza acima de 80%.

Palavras-chave: Biodiesel. Biocombustível. Glicerol. Purificação. Desenvolvimento sustentável.

Simple Purification Process of Waste Glycerol from Berso-Ufpe Biorefinery Biodiesel Production: A Sustainable Practice

ABSTRACT

Experimental Biorefinery of Solid Organic Waste (BERSO) of Nuclear Energy Department of Federal University of Pernambuco (UFPE) produces biodiesel from waste of oils and fats produced at University. This type of biodiesel production appears as an alternative for the production of biofuel from the use of waste. However, this biodiesel production generates a by-product, crude glycerin, in an approximate amount of 10% per liter of the biofuel obtained. This high production of waste brings environmental problems if crude glycerin is discarded into the environment without due care. However, the use of this residue requires intense prior purification, which ends up burdening the process. In this work, a simplified process of purification of crude glycerin is presented, which allowed to increase the initial glycerol content, improving the viability of the purification process. In this way, the reuse is intended to corroborate the consolidation of the sustainable process for obtaining biofuel by BERSO making use of the by-product obtained, glycerol, which through a process of purification and refinement of the crude phase generates raw material with purity content above 80%.

Keywords: Biodiesel. Biofuel. Glycerol. Purification. Sustainable Development.

Introdução

Segundo dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), em 2019, o Brasil produziu cerca de 40,9 bilhões de litros de biodiesel. Sendo o país, um dos grandes líderes mundiais na produção do biodiesel, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. No Brasil, 70% dessa produção é proveniente do óleo de soja, porém o biodiesel é um combustível que pode ser produzido a partir de diferentes tipos de óleos e gorduras, tanto de origem animal quanto vegetal (Monteiro et al., 2018; Mahlia et al., 2020; Nezhad et al., 2021; Yaashikaa et al., 2022; Vaidya et al., 2022). No processo de produção do biodiesel, através da transesterificação, forma-se, como subproduto, a glicerina bruta (Chiosso et al., 2020; Chong et al., 2020; Thilakarathne et al., 2021). Estima-se que seja gerado 10% de glicerina bruta por volume do combustível produzido. Sendo assim, este subproduto pode se tornar um potencial poluente ambiental caso não haja o descarte e/ou reutilização correta (Sander et al., 2018; Chol et al., 2018; Barrios et al., 2021).

O termo “glicerol” é aplicável ao componente químico puro 1,2,3-propanotriol, enquanto que os demais produtos comerciais são chamados glicerina. A classificação da glicerina irá depender do teor de glicerol presente na amostra, bem como de outras características, como cor, odor e impurezas (Mena-Cervantes et al., 2019; Teoh et al., 2021). A glicerina bruta, por diversas vezes chamada de glicerol bruto, é o termo usado para o resíduo obtido na produção do biodiesel. A partir da glicerina bruta, através de um processo de neutralização do catalisador e remoção dos ácidos graxos, pode se obter a glicerina loira, que possui cerca de 80% de glicerol, além de água, álcool e sais dissolvidos. A glicerina de grau técnico deve possuir cerca de 88-98% de teor de glicerol podendo ser usada como matéria-prima para a indústria, como na produção de materiais poliméricos. Com teor acima de 99,5% de glicerol, essa glicerina é considerada apta para uso na indústria farmacêutica e cosmética; e acima de 99,7%, tem-se uma glicerina usada como aditivo na indústria alimentícia (Bilck et al. 2015; Mena-Cervantes et al., 2019).

Para a produção do biodiesel, utiliza-se gordura animal ou óleos vegetais que passam por transesterificação através da reação com um tipo de álcool (geralmente metanol ou etanol) na presença de um catalisador, gerando uma fase glicérica como subproduto - esse processo está esquematizado na Figura 1. A fase glicérica é constituída de uma mistura de substâncias como

ácidos graxos produzidos por processos de decomposição do óleo, além de água, sais, triglicerídeos não reagidos, restos do catalisador e excesso do álcool utilizado na transesterificação. Alguns ácidos graxos voláteis se associam com bases utilizadas na transesterificação, originando sais solúveis que diminuem a qualidade da glicerina bruta, sendo necessária uma combinação de etapas de pré-purificação (Bhatia et al., 2021; Mathew et al., 2021). Lopes e Colaboradores (2014) trataram várias amostras de glicerina bruta, oriundas de óleos diferentes, realizando pré-purificação em cinco etapas resultando na obtenção de amostras de glicerina com teor de pureza entre 60 e 80%; mostrando a diferença do teor de glicerol obtido a depender do tipo e características do óleo usado para a produção do biodiesel e sendo necessário realizar processos específicos de purificação para obtenção de glicerina com alto teor de glicerol, em torno de 90%.

A composição da glicerina bruta irá depender, além da origem do biodiesel produzido, da qualidade e dos tipos de óleo utilizados, do tipo de catalisador e razão entre óleo e álcool (Adeniyi e Ighalo, 2019; Chozhavendhan et al., 2019; Chiosso et al., 2020). Com isso, a fase produzida como subproduto irá conter cerca de 10 a 20% do volume total em glicerol, fazendo-se necessário realizar tratamento e processos de purificação e refinamento, visando melhorar a qualidade e aumentar a concentração de glicerol (Chozhavendhan et al., 2019; Soares Dias et al., 2022). Assim, tem-se uma glicerina que, a depender do grau de pureza obtido, pode ser utilizada em diversas aplicações, como nas indústrias farmacêutica, cosmética, alimentícia, ou como matéria-prima para obtenção de polímeros policarbonatos (Ardi et al., 2015; Ayoub et al., 2016; Monteiro et al., 2018; Trzebiatowska et al., 2018; Bialik-Wąs et al., 2021; Amala et al., 2022), dentre outras.

Atualmente, há uma busca por novos métodos para o tratamento da glicerina bruta, como a tecnologia de separação por membranas, que estão sendo bastante pesquisadas, mas que ainda são pouco viáveis operacional e economicamente (Aroua e Cognet, 2020; Nomanbhay et al., 2020; Chozhavendhan et al., 2020; Oliveira et al., 2022). O método por purificação química ainda é o mais utilizado sendo possível realizar um processo em pequena ou grande escala. Esse método consiste, de maneira geral, em uma combinação de etapas, a saber: neutralização, destilação, filtração e centrifugação, adsorção por troca iônica ou com

carvão ativado (Ardi et al., 2015; Zahid et al., 2020). Com essa combinação busca-se, inicialmente, remover o excesso de álcool utilizado na transesterificação (metanol ou etanol), deixando a glicerina bruta mais concentrada. Em seguida, o objetivo é remover os contaminantes do glicerol por precipitação, isso ocorre durante a acidificação, que separa os sais e ácidos graxos. E, por fim, é realizado o tratamento de refinamento, normalmente por adsorção, filtração e centrifugação. Outras etapas podem ser incluídas a depender do grau de pureza desejado (Kumar et al., 2020; Zahid et al., 2020; Yanovych et al., 2021; Ladero, 2021; Juchen et al., 2022).

Neste trabalho busca-se apresentar um caminho mais simples e economicamente viável para purificar a glicerina bruta obtida da produção de biodiesel que utiliza diferentes óleos de rejeito como matéria-prima. Esse biodiesel é produzido pela Biorrefinaria Experimental de Resíduos Sólidos Orgânicos (BERSO) - Figura 2, um projeto

vinculado ao Departamento de Energia Nuclear, em parceria com a Diretoria de Gestão Ambiental (DGA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), que tem como objetivo tratar e reutilizar os resíduos orgânicos gerados na Universidade.

Uma mistura dos óleos de fritura que foram utilizados e descartados pelos restaurantes e cantinas da instituição é coletada pela BERSO e transformada em biodiesel, com o intuito de gerar combustível mais limpo e sustentável para uso em motores utilizados na UFPE. Essa mistura de óleos gera uma glicerina bruta que dificulta a obtenção de um grau de pureza elevado após o processo de purificação. O objetivo deste trabalho consiste em realizar um processo simples de purificação dessa glicerina bruta residual, visando a obtenção de uma glicerina purificada que pode servir como matéria-prima na produção de diversos produtos de alto valor agregado, contribuindo, assim, para a continuidade da prática sustentável da BERSO-UFPE.

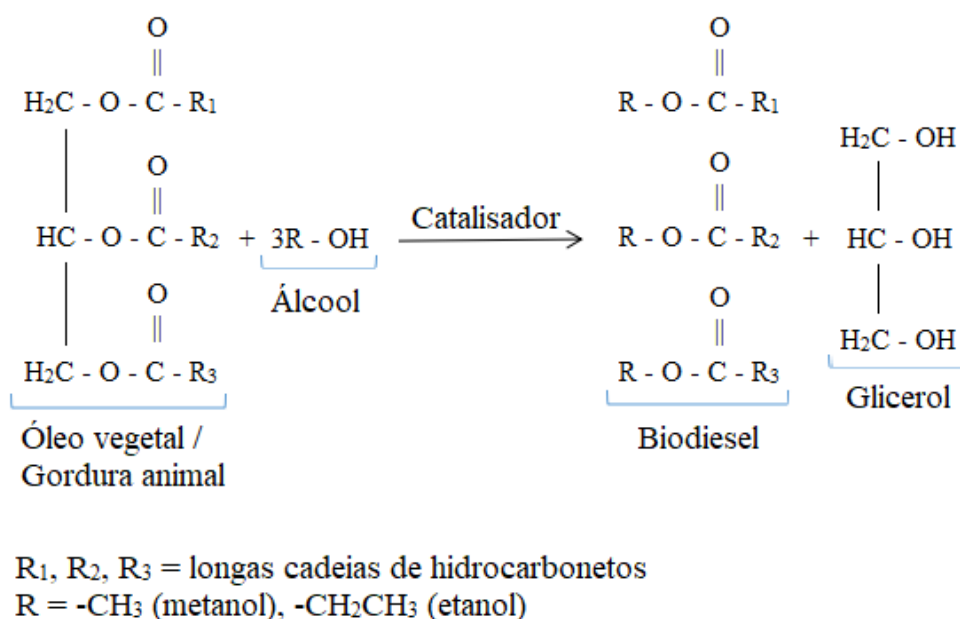


Figura 1. Esquema de obtenção do biodiesel e glicerol como subproduto (Adaptado de Ardi et al, 2015).



Figura 2. Biorrefinaria Experimental de Resíduos Sólidos Orgânicos (BERSO) - Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (Imagem Reprodução UFPE/DGA-BERSO).

Métodos

Materiais Utilizados

Glicerina bruta obtida da síntese do biodiesel, cedido pela BERSO. Glicerol PA 99,9% e Metaperiodato de sódio adquiridos da Sigma Aldrich. Hexano, Ácido sulfúrico (H_2SO_4), Etilenoglicol, Azul de bromotimol obtidos da Moderna. Hidróxido de sódio (NaOH) e Etanol adquiridos da Cinética, Carvão ativado granulado (Vetec). Nitrato de prata, Cromato de potássio obtidos da Dinâmica. Verde de bromocresol (Neon).

Purificação da Glicerina Bruta

Lavagem com solventes: Nesta etapa foram transferidos aproximadamente 162,3 g de glicerina bruta e 30 ml de hexano para um funil de decantação de 500 mL. A mistura foi agitada e deixada em repouso para a separação das fases. Este procedimento foi realizado três vezes. A fase hexânica foi separada e evaporada em rotaevaporador, gerando 24,8 g de resíduos de ésteres e triacilgliceróis.

Acidificação: A glicerina resultante da primeira etapa foi transferida para um béquer, aquecida a 60°C e acidificada com H_2SO_4 $3,0 \text{ mol.L}^{-1}$ até se obter pH 4, onde foi utilizada fita indicadora de pH para controle. Após a acidificação foi possível a visualização de três fases, que foram separadas por pipetagem e pesadas. A fase superior, com 52,7 g, está relacionada com os ácidos graxos. A fase intermediária, que é o glicerol, apresentou 76,3 g; e a fase densa são os sais restantes, possuindo 11,5 g. Em seguida, o material da fase intermediária foi submetida à centrifugação a 1500 rpm por 5 minutos, para melhorar o rendimento da glicerina bruta, notando-

se que não houve nova formação de fases com presença de sais.

Neutralização: Foram neutralizados cerca de 76,3 g da glicerina bruta à temperatura ambiente com adição lenta de NaOH $6,0 \text{ mol.L}^{-1}$ até atingir pH 6,5.

Precipitação por Antissolvente (Salting-out): Etanol (antissolvente) foi adicionado na proporção 2:1, em relação ao volume de glicerina bruta. A mistura foi centrifugada para separação da glicerina dos sais residuais.

Tratamento com carvão ativado: O carvão foi ativado durante 2 horas na estufa, à 200°C . A glicerina obtida na etapa anterior (43,1 g) foi colocada num béquer juntamente com o carvão ativado. A mistura ficou sob aquecimento de 150°C , por aproximadamente 30 minutos. Posteriormente a glicerina foi filtrada a vácuo, obtendo 33,7 g que, por fim, foi colocada em uma estufa com temperatura de 105°C por 2 horas para a retirada de água.

Caracterização

Determinação do teor de glicerol: Em um erlenmeyer foi pesado 0,5 g da amostra obtida após todo processo de purificação e diluída em 50 ml de água destilada. Em seguida, adicionaram-se 7 gotas do indicador azul de bromotimol, e a mistura foi acidificada com H_2SO_4 0,1 N até obter pH 4, e posteriormente neutralizada com NaOH 0,5 N até obter a cor azul (pH = 8). Posteriormente foram adicionados 50 ml de solução de metaperiodato de sódio 10% (m/m), com agitação vigorosa e a mistura foi mantida no escuro durante 30 minutos. Em seguida, foram adicionados 10 ml de uma solução de etilenoglicol 50% (m/m) e o sistema foi mantido no escuro por mais 20 minutos. Finalmente, a mistura foi diluída com água até o

volume de 300 ml e titulada com solução-padrão de NaOH 0,125 N até pH = 8 e o branco até pH = 6. A determinação foi realizada em triplicata. A porcentagem de massa glicérica presente na amostra foi calculada pela expressão

$$\% (m/m) = \frac{[NaOH] \cdot V_T \cdot MM}{m}$$

Sendo [NaOH] a concentração da solução de NaOH utilizada, em mol/L; VT o volume do titulante utilizado (em litros); MM a massa molar do glicerol; m é a massa da amostra.

Determinação de cloretos: A titulação foi realizada em triplicata, utilizando 0,5 g de glicerina purificada, diluído em 10mL de água destilada com solução de nitrato de prata (AgNO₃) 0,01 mol.L⁻¹ (titulante). O cromato de potássio foi utilizado como indicador da reação de precipitação. O valor da concentração de íons cloreto foi obtida através da relação

$$MgCl^-/L = \frac{(A - B) \cdot M \cdot 35453}{V}$$

Com, A = volume da solução de AgNO₃ utilizado na titulação da amostra, em mL; B = volume da solução de AgNO₃ utilizado na titulação do branco, em mL; M = concentração molar da solução de AgNO₃; V = volume da amostra, em mL.

Determinação da Alcalinidade: Para titulação em triplicata, foram utilizados 0,5 g de glicerina purificada, diluído em 10 mL de água destilada e solução de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0,01 mol.L⁻¹ (titulante). Como indicador da reação de precipitação, foi utilizado o verde de bromocresol. Para determinação de CO₃²⁻ na solução, utilizou-se a relação

$$CO_3^{2-} (mg/L) = \frac{V \cdot N \cdot 50000}{V}$$

Com, V = volume da solução de ácido sulfúrico utilizado na titulação (mL); N = normalidade da solução de ácido sulfúrico; V = volume da amostra (mL).

Análise Espectroscópica: Infravermelho por Transformada de Fourier - FTIR, *do inglês Fourier Transform InfraRed*, foi utilizado para análise das interações químicas e grupos presentes

na glicerina bruta residual antes e após o processo de purificação, assim como para comparação com o glicerol P.A., utilizando o equipamento FT-IR modelo 4600 da Jasco.

Análise Térmica: O comportamento térmico das amostras foi analisado por meio de Análise Termogravimétrica - TGA, *do inglês Thermogravimetric Analysis*, com o equipamento TGA/DSC 2STARe da System-Mettler Toledo, na atmosfera de nitrogênio, com uma taxa de aquecimento de 10°C.min⁻¹.

Resultados e discussão

A Biorrefinaria BERSO realiza o processo de obtenção do biodiesel usando uma mistura de óleos residuais provenientes dos estabelecimentos da Universidade. Essa mistura de óleos gera uma dificuldade durante o processo de purificação da glicerina bruta, pois a origem do óleo, bem como a utilização de óleos novos ou de descartes, interferem diretamente no teor de glicerol das amostras obtidas. A glicerina bruta utilizada nesse processo apresenta-se, originalmente, na cor marrom escura, com odor forte e muito viscosa. Esse material passou por processos de lavagem com intuito de retirar os resíduos de ésteres e triacilgliceróis; a acidificação foi realizada para separar os ácidos graxos e sais; posteriormente a neutralização foi usada na remoção dos sais e do metanol seguida por precipitação por antissolvente para retirar os sais ainda presentes; e por fim foi realizado um tratamento com carvão ativado para remoção de pigmentos e odor. A Figura 3 apresenta as soluções com a glicerina bruta e após passar pela purificação. Para uma melhor comparação foi realizada análise com glicerol P.A., com teor de pureza de 99,9%



Figura 3. Imagem das soluções de glicerina bruta (esquerda) e purificada (direita).

Caracterização da glicerina: A purificação da glicerina bruta se apresentou bastante eficaz na remoção da maioria dos contaminantes. O teor de glicerol foi de, aproximadamente, 82%. Um grau de pureza de, no mínimo, 80% classifica a amostra como glicerina loira (Lopes et al., 2014; Monteiro et al., 2018; Velloso et al., 2021; Foo et al., 2022), colocando-a como uma glicerina que pode ser empregado como aditivos e plastificantes, ou ainda podendo ser usado como matéria-prima na produção do carbonato de glicerol, um solvente muito versátil, que pode também servir como precursor para a produção de policarbonatos biodegradáveis (Monteiro et al., 2018; Jariah et al., 2021; Mardianti et al., 2021; Maquirriain et al., 2022;). A Tabela 1 apresenta os valores encontrados para os parâmetros de teor de alcalinidade e mostra o baixo nível de cloretos para a amostra purificada, estando muito abaixo dos 7% (m/m) tolerados segundo a BIO 1001.

Tabela 1. Dados da caracterização das amostras de glicerina purificada.

Parâmetros	Glicerina Purificada
Teor de Glicerol (%)	81,72 ± 2,82
Alcalinidade (%)	0,0117 ± 0,0029
Cloretos (%)	0,0003 ± 0,0001

Análise Espectroscópica: O espectro vibracional de absorção no infravermelho do glicerol P.A. (Figura 4) apresenta uma banda larga de absorção em 3275 cm⁻¹, característico de estiramento O-H proveniente dos grupos álcoois. As bandas em 2929 e 2874 cm⁻¹ podem ser atribuídas ao modo de estiramento de ligações C-H. A absorção em 1653 cm⁻¹ corresponde à deformação angular (dobramento) do grupo -OH. A banda de absorção em 1408 cm⁻¹ pode estar relacionada à deformação angular -CH₂ e ainda, absorções em 1103 e 1029 cm⁻¹ correspondem ao estiramento C-O de álcool secundário e primário, respectivamente. Essas bandas encontradas para o glicerol comercial, com 99,9% de pureza, estão de acordo com o que é apresentado na literatura para o espectro FTIR do glicerol (Nasir et al., 2017; Trzebiatowska et al., 2018; Gabhane et al., 2020; Tarique et al., 2021;). No espectro da glicerina bruta (Figura 5) observa-se o aparecimento de algumas bandas, das quais se pode destacar um

pico referente ao O-H característico dos álcoois em 3329 cm⁻¹, assim como a presença de grupo carbonila, caracterizado pela absorção em 1740 cm⁻¹. Há uma absorção em 1564 cm⁻¹ que pode estar associada vibrações de grupos aromáticos e, novamente, nota-se a presença de bandas de absorção em 1109 e 1028 cm⁻¹ correspondem ao estiramento C-O de álcoois. Após todo processo de purificação e refinamento com carvão ativado, o espectro vibracional de FTIR (Figura 6) apresenta umas bandas comuns ao que foi encontrado para o glicerol comercial (Khok et al., 2020). Como por exemplo, a larga absorção em 3269 cm⁻¹ característico de estiramento O-H proveniente dos grupos álcoois. Assim como as bandas em 2929 e 2885 cm⁻¹ referente a ligações CH e a absorção em 1656 cm⁻¹ corresponde à deformação angular do grupo hidroxila. Grupos pertencentes a contaminantes da glicerina bruta não aparecem no espectro da glicerina purificada, conforme esperado, indicando a eficiência da purificação e retirada de grupos contaminantes.

Análise Térmica: Nas Figuras 7, 8 e 9, observam-se os termogramas do glicerol P.A. e da glicerina obtida antes e após o processo de purificação, trazendo informações quanto à estabilidade térmica do material proveniente do biodiesel. Ao analisarmos o processo de degradação térmica do glicerol P.A., nota-se uma única etapa, que representa o processo de pirólise iniciado em aproximadamente 169°C, um comportamento esperado de acordo com a literatura (Striugas et al., 2017; Almazrouei et al., 2017; Nordin et al., 2020; Goncalves et al., 2022). O termograma para essa amostra é apresentado na Figura 7. Para a glicerina bruta, o termograma - Figura 8 - revela que o material sofreu várias etapas de degradação, pouco definidas, com uma primeira perda de massa de cerca de 12%, tendo início à uma temperatura em torno de 50°C. Essa perda está associada com a remoção de água, metanol e provavelmente algumas outras substâncias voláteis devida o processo de fabricação de biodiesel, tais como, resíduos de catalisadores, sebo ou ácido graxo. Logo em seguida ocorre uma grande perda de massa, à 198°C, que corresponde a 28,84% da massa inicial. Essa perda de massa pode ser explicada pela decomposição de todo glicerol, seguida de outra etapa que pode estar relacionada a perda dos resíduos, como cinzas e sais à uma temperatura de 398 °C, correspondendo a 39,27% de perda de massa.

Para realizar a análise da glicerina purificada, após o tratamento com o carvão, a amostra foi colocada em estufa a uma temperatura

de 105 °C por 2 horas, a fim de remover o excesso de água. Ao observar o termograma dessa glicerina (Figura 9), nota-se o êxito no processo de purificação, uma vez que o comportamento, quanto às etapas de degradação, é bem similar ao observado para o glicerol P.A. Isso revela a eficiência na retirada de contaminantes encontrados na glicerina bruta, oriundos do biodiesel, resultando em um material que teve a estabilidade térmica reestabelecida.

Conclusão

O método aqui apresentado mostrou uma combinação de etapas para purificação e refinamento da glicerina bruta. Através deste método, foi possível obter um material com, aproximadamente, 82% de teor de pureza. A glicerina purificada apresentou características semelhantes ao glicerol P.A., encontrado comercialmente com teor de pureza de 99,9%.

Através de diferentes caracterizações, em especial a análise térmica, pouco explorada na literatura quanto ao estudo da purificação da glicerina, verificou-se que o material obtido apresentou parâmetros muito similares ao que é esperado para o glicerol puro comercial, com dados bem estabelecidos na literatura, além de partir da reutilização do subproduto que é gerado na produção do biodiesel, contribuindo com a sustentabilidade do processo de produção do biocombustível proposto pela BERSO.

Agradecimentos

Os autores agradecem à BERSO-UFPE por ter cedido a glicerina bruta gerada em suas produções de biodiesel. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro.

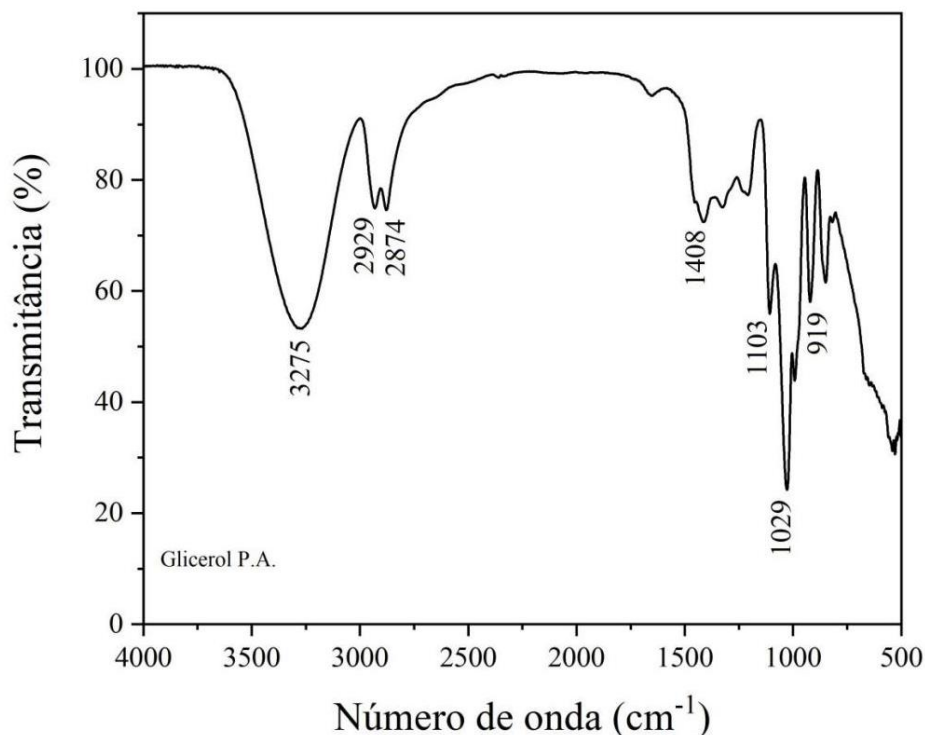


Figura 4. Espectro FTIR do Glicerol P.A. com teor de pureza de 99,99%.

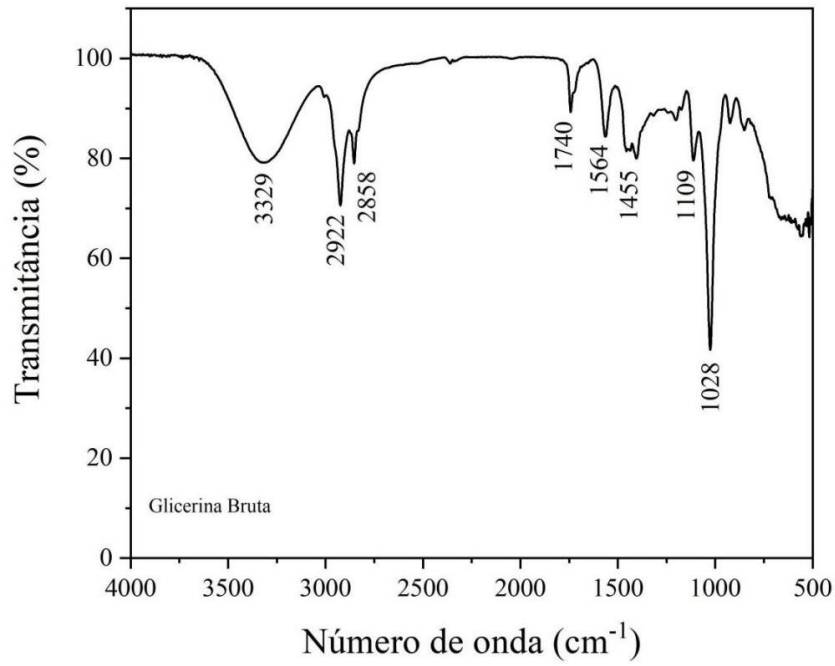


Figura 5. Espectro FTIR da glicerina bruta obtida através da produção do biodiesel.

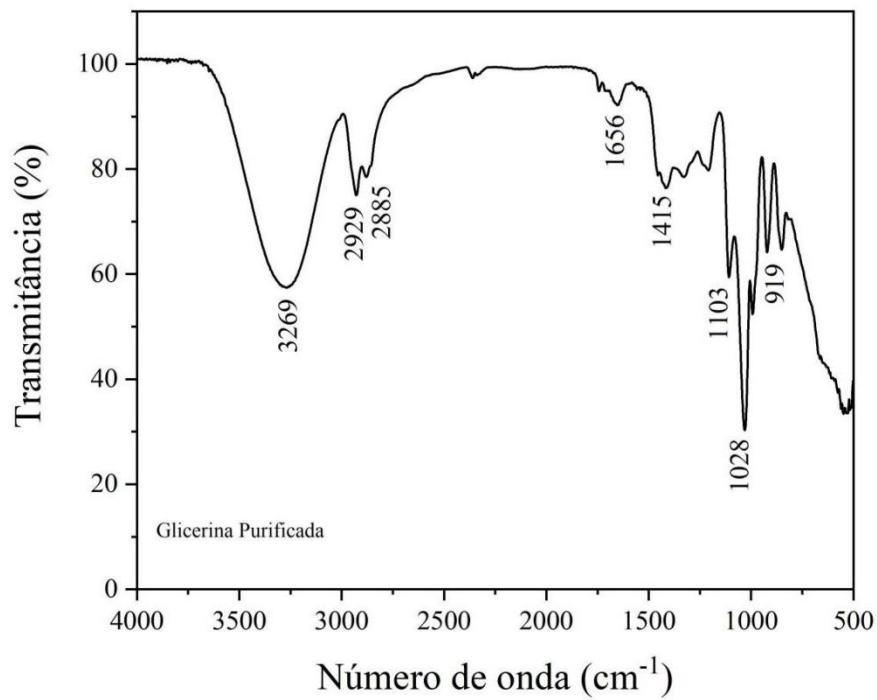


Figura 6. Espectro FTIR da glicerina purificada.

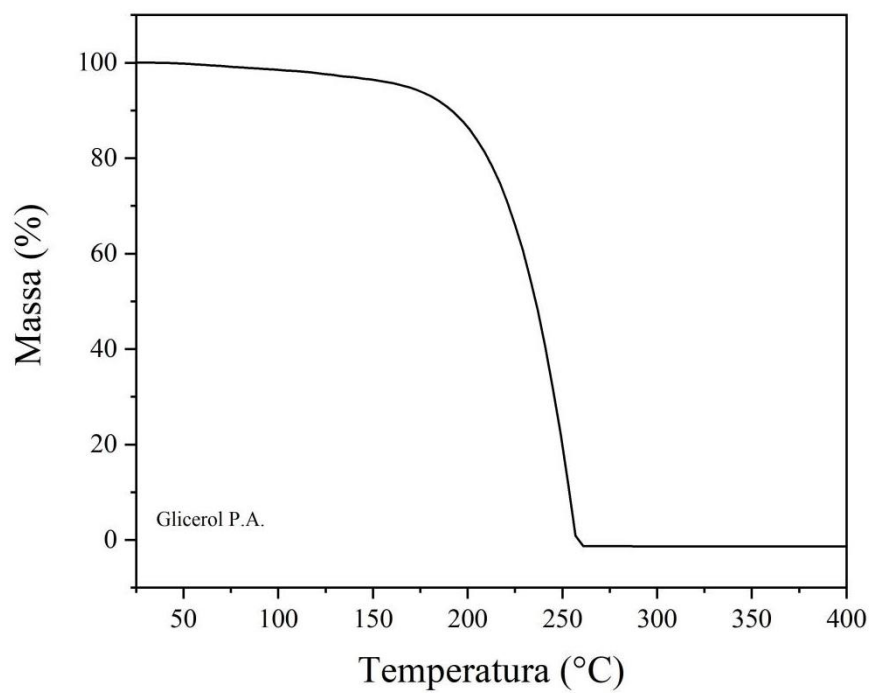


Figura 7. Termograma do glicerol P.A. com teor de pureza de 99,99%.

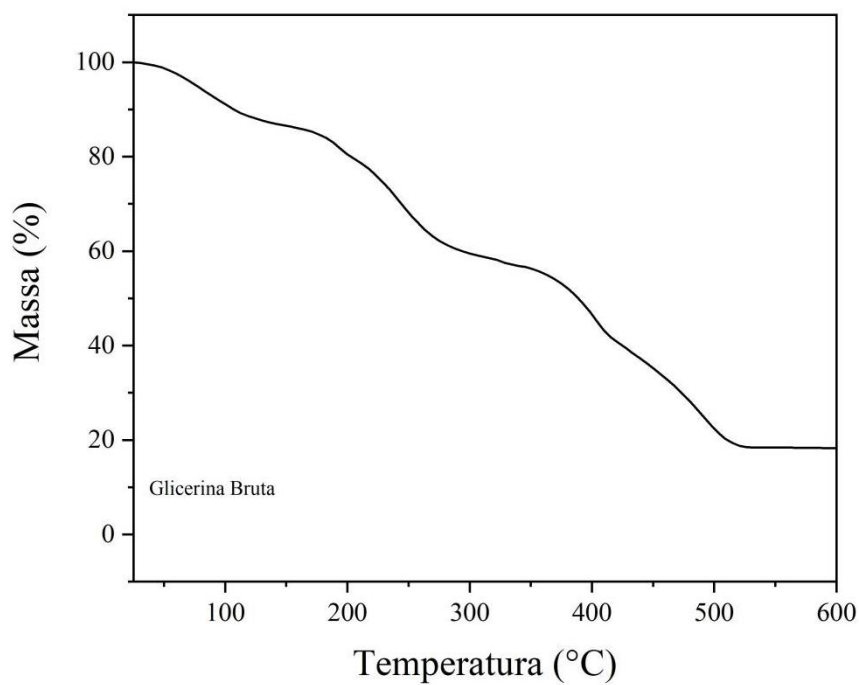


Figura 8. Termograma da glicerina bruta obtida a partir da produção do biodiesel.

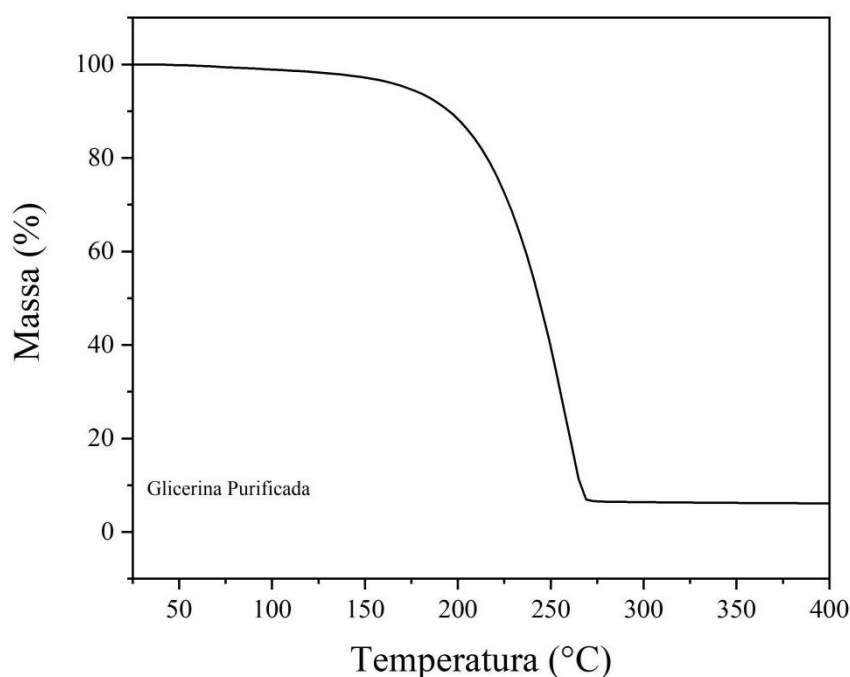


Figura 9. Termograma da glicerina loira obtida após a purificação.

Referências

- Adeniyi, A.G., Ighalo, J.O., 2019. A review of steam reforming of glycerol. *Chemical Papers*, 73, 2619–2635.
- Almazrouei, A., El Samada, T., Janajreh, I., 2017. Thermogravimetric Kinetics and High Fidelity Analysis of Crude Glycerol. *Energy Procedia*, 142, 1699-1705.
- Amala, F., Nugroho, R., Lestari, S., 2022. The Effect of Glycerin Application on The Surface of Microhybrid Composite Resin to Its Compressive Strength with Immersed in Pure Coffee Solution. *Journal of Indonesian Dental Association*, 5, 15-19.
- Ardi, M.S., Aroua, M.K., Awanis Hashim, N., 2015. Progress, prospect and challenges in glycerol purification process: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1164-1173.
- Aroua, MK, Cognet, P., 2020. Editorial: From Glycerol to Value-Added Products. *Frontiers in Chemistry*, 8, 69.
- Ayoub, M., Inayat, A., Hailegiorgis, S.M., Bhat, A.H., 2016. Synthesis of alumina based alkaline catalyst for biodiesel-derived glycerol to polyglycerol. *Advanced Materials Research*, 1133, 33-37.
- Barrios, C.C., Álvarez-Mateos, P., Urueña, A., Díez, D., García-Martín, J.F., 2021. Experimental Investigation on Emissions Characteristics from Urban Bus Fueled with Diesel, Biodiesel and an Oxygenated Additive from Residual Glycerin from Biodiesel Production. *Processes*, 9, 987.
- Bhatia, S.K., Bhatia, R.K., Jeon, J., Pugazhendhi, A., Awasthi, M., Kumar, D., Kumar, G., Yoon, J., Yang, J., 2021. An overview on advancements in biobased transesterification methods for biodiesel production: Oil resources, extraction, biocatalysts, and process intensification technologies. *Fuel*, 285, 119117.
- Bialik-Wąs, K., Pluta, K., Malina, D., Barczewski, M., Malarz, K., Mrozek-Wilczkiewicz, A., 2021. The Effect of Glycerin Content in Sodium Alginate/Poly(vinyl alcohol)-Based Hydrogels for Wound Dressing Application. *International Journal of Molecular Science*, 22, 12022.
- Bilck, A.P., Müller, C.M.O., Olivato, J.B., Mali S., Grossmann M.V.E., Yamashita F., 2015. Using glycerol produced from biodiesel as a plasticiser in extruded biodegradable films. *Polímeros*, 25, 331-335.
- Chiosso, M.E., Casella, M.L., Merlo, A.B., 2020. Synthesis and catalytic evaluation of acidic carbons in the etherification of glycerol obtained

- from biodiesel production. *Catalysis Today*.
- Chong, C.C., Aqsha, A., Ayoub, M., Sajid, M., Abdullah, A.Z., Yusup, S., Abdullah, B., 2020. A review over the role of catalysts for selective short-chain polyglycerol production from biodiesel derived waste glycerol. *Environmental Technology & Innovation*, 19, 100859.
- Chol, C.G., Dhabhai, R., Dalai, A.K., Reaney, M., 2018. Purification of crude glycerol derived from biodiesel production process: Experimental studies and techno-economic analyses. *Fuel Processing Technology*, 178, 78-87.
- Chozhavendhan, S., Karthiga Devi, G., Bharathiraja, B., Praveen Kumar, R., Elavazhagan, S., 2020. 9 - Assessment of crude glycerol utilization for sustainable development of biorefineries. *Academic Press*, 195-212.
- Chozhavendhan, S., Kumar, K.P., Sable, P., Subbaiya, R., Devi, G.K., Vinoth, S., 2019. Substantial Purification of Waste Glycerol - A Byproduct of Biofuel Industry its Product Characterization. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 12(2), 649-652.
- Foo, T.M., Kim, T.P., Ng, S.C., 2022. A new conceptual process design and economic analysis of a fatty acids and glycerine production plant using palm oil. *Chemical Papers*, 76, 3471-3483.
- Gabhane, J., Kumar, S., Sarma, A.K., 2020. Effect of glycerol thermal and hydrothermal pretreatments on lignin degradation and enzymatic hydrolysis in paddy straw. *Renewable Energy*, 154, 1304-1313.
- Gonçalves, D., Bozzi Barbeiro, L., Tonon de Souza, P., 2022. Thermal stability of glycerol containing compounds from the biodiesel production chain. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*.
- Jariah, N.F., Hassan, M.A., Taufiq-Yap, Y.H., Roslan, A.M., 2021. Technological Advancement for Efficiency Enhancement of Biodiesel and Residual Glycerol Refining: A Mini Review. *Processes*, 9, 1198.
- Juchen, P.T., Barcelos, K.M., Oliveira, K., Ruotolo, L., 2022. Using crude residual glycerol as precursor of sustainable activated carbon electrodes for capacitive deionization desalination. *Chemical Engineering Journal*, 429, 132209.
- Khok, Y.T., Ooi, C.H., Matsumoto, A., 2020. Reactivation of spent activated carbon for glycerine purification. *Adsorption*, 26, 1015-1025.
- Kumar, L.R., Yellapu, S.K., Tyagi, R.D., Drogui, P., 2020. Purified crude glycerol by acid treatment allows to improve lipid productivity by *Yarrowia lipolytica* SKY7. *Process Biochemistry*, 96, 165-173.
- Ladero, M., 2021. New Glycerol Upgrading Processes. *Catalysts*, 11, 103.
- Lopes, A.P., Canesin, E.A., Suzuki, R.M., Tonin, L.T.D., Palioto, G.F., Seixas, F.L., 2014. Purificação de Glicerina Residual Obtida na Produção de Biodiesel a Partir de Óleos Residuais. *Revista Virtual de Química*, 6, 1564-1582.
- Mathew, G.M., Raina, D., Narisetty, V., Kumar, V., Saran, S., Pugazhendi, A., Sindhu, R., Pandey, A., Binod, P., 2021. Recent advances in biodiesel production: Challenges and solutions. *Science of The Total Environment*, 794, 148751.
- Mardianti, F.T., Sukaton, S., Sampoerno, G., 2021. Benefit of Glycerine on Surface Hardness of Hybrid & Nanofill Resin Composite. *Conservative Dentistry Journal*, 11, 28-31.
- Maquirriain, M.A., Neyertz, C.A., Querini, C.A., 2022. Crude glycerine purification by solvent extraction. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 39, 235-249.
- Mena-Cervantes, V.Y., Hernández-Altamirano, R., Tiscareño-Ferrer, A., 2019. Development of a green one-step neutralization process for valorization of crude glycerol obtained from biodiesel. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 28500-28509.
- Monteiro, M.R., Kugelmeier, C.L., Pinheiro, R.S., Batalha, M.O., César, A.S., 2018. Glycerol from biodiesel production: Technological paths for sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 88, 109-122.
- Mahlia, T.M.I., Syazmi, Z.A.H.S., Mofijur, M., Abas, A.E., Bilad, M.R., Ong, H.C., Silitonga, A.S., 2020. Patent landscape review on biodiesel production: Technology updates. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 118, 109526.
- Nasir, N.F., Mirus, M.F., Ismail, M., 2017. Purification of crude glycerol from transesterification reaction of palm oil using direct method and multistep method. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 243, 012015.
- Nezhad, M.K., Aghaei, H., 2021. Tosylated cloisite as a new heterofunctional carrier for covalent immobilization of lipase and its utilization for production of biodiesel from waste frying oil. *Renewable Energy*, 164, 876-888.
- Nomanbhay, S., Ong, M.Y., Chew, K.W., Show, P.L., Lam, M.K., Chen, W.H., 2020. Organic Carbonate Production Utilizing Crude Glycerol

- Derived as By-Product of Biodiesel Production: A Review. *Energies*, 13, 1483.
- Nordin, N., Othman, S., Rashid, S., Basha, R., 2020. Effects of glycerol and thymol on physical, mechanical, and thermal properties of corn starch films. *Food Hydrocolloids*, 106, 105884.
- Oliveira, M., Ramos, A., Monteiro, E., Rouboa, A., 2022. Improvement of the Crude Glycerol Purification Process Derived from Biodiesel Production Waste Sources through Computational Modeling. *Sustainability*, 14, 1747.
- Sander A., Koscak, M.A., Kosir, D., Milosavljevic, N., Vukovi, J.P., Magi, L., 2018. The influence of animal fat type and purification conditions on biodiesel quality. *Renewable Energy*, 118, 752-760.
- Soares Dias, A.P., Gomes Fonseca, F., Catarino, M., Gomes, J., 2022. Biodiesel Glycerin Valorization into Oxygenated Fuel Additives. *Catalysis Letters*, 152, 513–522.
- Striūgas, N., Skvorčinskienė, R., Paulauskas, R., Zakarauskas, K., Vorotinskienė, L., 2017. Evaluation of straw with absorbed glycerol thermal degradation during pyrolysis and combustion by TG-FTIR and TG-GC/MS. *Fuel*, 204, 227-235.
- Tarique, J., Sapuan, S.M., Khalina, A., 2021. Effect of glycerol plasticizer loading on the physical, mechanical, thermal, and barrier properties of arrowroot (*Maranta arundinacea*) starch biopolymers. *Scientific Reports*, 11, 13900.
- Teoh, W.P., Chee, S.Y., Habib, N.Z., Bashir, M., Chok, V., Aun Ng, C., 2021. Chemical investigation and process optimization of glycerine pitch in the green production of roofing tiles. *Journal of Building Engineering*, 43, 102869.
- Thilakarathne, D., Viraj Miyuranga, K.A., Arachchige, U., Weerasekara, N., Jayasinghe, R., 2021. Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil in Laboratory Scale: A Review. *International Journal of Scientific Engineering and Science*, 5, 28-34.
- Trzebiatowska, P.J., Dzierbicka, A., Kaminska, N., Datta, J., 2018. The influence of different glycerine purities on chemical recycling process of polyurethane waste and resulting semi-products. *Polymer International*, 67, 1368-1377.
- Vaidya, G., Nalla, B.T., Sharma, D.K., Thangaraja, J., Devarajan, Y., Ponnappan, V., 2022. Production of biodiesel from phoenix sylvestris oil: Process optimisation technique. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 26, 100636.
- Velloso, M., Peruch, K., 2021. Estudo comparativo entre o bagaço da cana de açúcar e fibra de coco verde na purificação da glicerina obtida da síntese de biodiesel. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 7, 01–15.
- Yaashikaa, P.R., Senthil Kumar, P., Karishma, S., 2022. Bio-derived catalysts for production of biodiesel: A review on feedstock, oil extraction methodologies, reactors and lifecycle assessment of biodiesel. *Fuel*, 316, 123379.
- Yanovych, V., Žitek, P., Hashemi-Dezaki, H., Polievoda, Y., 2021. Effect of vibration on the rheological properties of glycerin during its purification. *Journal of Vibroengineering*, 23, 1095–1108.
- Zahid, I., Ayoub, M., Abdullah, B.B., Nazir, M.H., Ameen, M., Zulqarnain, Yusoff, M.H., Inayat, A., Danish, M., 2020. Production of Fuel Additive Solketal via Catalytic Conversion of Biodiesel-Derived Glycerol. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 59, 290961-20978.