



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PATRICK DE LUCENA BORGES

**CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEO DE FRITURA USADO PARA FINS DE PRODUÇÃO
DE BIOCOMBUSTÍVEL**

PALMAS

2021

PATRICK DE LUCENA BORGES

**CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEO DE FRITURA USADO PARA FINS DE PRODUÇÃO
DE BIOCOMBUSTÍVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do Título de Bacharel do Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cláudia da Silva A. Rezende

**PALMAS
2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

B732c Borges, Patrick de Lucena
 Caracterização de óleo de fritura usado para fins de produção de
 biocombustível / Patrick de Lucena Borges. – Palmas, TO, 2021.
 47 f. : il. color.

 Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
 Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
 Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2021.

 Orientadora: Dra. Cláudia da Silva A. Rezende
 Coorientador: Dr. Marcelo Mendes Pedroza

 1. Biocombustível. 2. Óleo Residual. 3. Óleo de Fritura Usado. I.
 da Silva A. Rezende, Cláudia. II. Mendes Pedroza, Marcelo. III.
 Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

PATRICK DE LUCENA BORGES

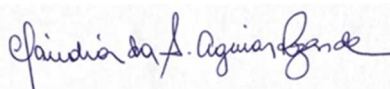
**CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEO DE FRITURA USADO PARA FINS DE PRODUÇÃO
DE BIOCOMBUSTÍVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do Título de Bacharel do Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cláudia da Silva A. Rezende

Aprovado em: 04/02/2021

BANCA AVALIADORA



Prof.^a Dr.^a Cláudia da Silva A. Rezende

Orientadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO)



Prof. Dr. Marcelo Mendes Pedroza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO)



Carlos Henrique de Souza

Engenheiro Químico

**PALMAS
2021**

RESUMO

Atualmente os problemas ambientais requerem uma tomada de atitude por parte da humanidade no sentido de minimizar a poluição ambiental. Uma maneira de desacelerar tal perturbação é a utilização de combustíveis menos poluentes, como os biocombustíveis. Dentro dessa vertente este trabalho contribui através do estudo da produção de biodiesel através do reaproveitamento do óleo de fritura, pois o descarte indevido do óleo gera resíduos sólidos prejudiciais ao meio ambiente. O resíduo do óleo de cozinha, gerado diariamente nos lares, indústrias e comércio, é despejado diretamente nas águas, como em rios e riachos ou simplesmente em pias e vasos sanitários, indo parar nos sistemas de esgoto causando danos diversos. Esse resíduo poderia ser usado como matéria-prima na fabricação de biodiesel, tintas, óleos para engrenagens, sabão, detergentes, entre outros. Portanto, esse trabalho teve como objetivo analisar as características físico-químicas como o pH, massa específica, índice de acidez e solubilidade do óleo de fritura usado antes e após a adsorção em fibra de coco a fim de promover o reaproveitamento deste resíduo como matéria-prima para produção de biocombustível, agregando valor econômico à cadeia produtiva, diminuindo o custo do produto derivado final e ainda preservar o meio-ambiente. O óleo residual de fritura foi coletado no restaurante *Burger King* localizado na cidade de Palmas – TO, depois da coleta foram realizadas as análises físico-químicas deste óleo. Após a análise do óleo coletado, o mesmo foi submetido a um processo de pré tratamento utilizando fibra de coco como material adsorvente, nesse estudo utilizou-se duas granulometrias diferentes e duas concentrações, que foram as peneiras Mesh 48 e 270 nas concentrações de 0,5% e 1,5% respectivamente. Os resultados obtidos nesse estudo foram considerados satisfatórios, pois a fibra de coco conseguiu reduzir o índice de acidez de 13,62 mgKOH/g para zero e o pH das amostras com adição de fibra de coco ficou entre 9,4 e 10,4. As amostras foram solúveis na maioria dos solventes testados e a massa específica se manteve dentro dos parâmetros necessários para o processo de produção de biodiesel.

Palavras-chave: Biocombustível, óleo residual, óleo de fritura usado

ABSTRACT

Currently, environmental problems require action by humanity to minimize environmental pollution. One way to slow down this disturbance is to use less polluting fuels, such as bio-fuels. Within this aspect, this work contributes through the study of the production of biodiesel through the reuse of frying oil, as the in-due disposal of the oil generates solid residues harmful to the environment. The residue of cooking oil, generated daily in homes, industries and commerce, is dumped directly into the waters, as in rivers and streams or simply in sinks and toilets, ending up in sewage systems causing various damages. This residue could be used as raw material in the manufacture of biodiesel, paints, gear oils, soap, detergents, among others. Therefore, this work aimed to analyze the physical-chemical characteristics such as pH, specific mass, acidity index and solubility of the frying oil used before and after the adsorption in coconut fiber in order to promote the reuse of this waste as a raw material for the production of bio-fuel, adding economic value to the production chain, reducing the cost of the final derived product and still preserving the environment. The residual frying oil was collected at the Burguer King restaurant located in the city of Palmas - TO, after the collection, physical and chemical analyzes of this oil were carried out. After the analysis of the collected oil, it was subjected to a pre-treatment process using coconut fiber as an adsorbent material. In this study, two different granulometries and two concentrations were used, which were Mesh 48 and 270 sieves in the concentrations of 0.5% and 1.5% respectively. The results obtained in this study were considered satisfactory because the coconut fiber was able to totally reduce the acidity index that was 13.62 mgKOH /g and the pH of the samples with addition of coconut fiber was between 9.4 and 10.4. The samples were soluble in most of the tested solvents and the specific mass remained within the parameters required for the biodiesel production process.

Keywords: Biofuel, residual oil, used frying oil

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Evolução do Biocombustível no Brasil.....	15
Figura 2 - Processo de Transesterificação.....	17
Figura 3 - Processo de Pirólise.....	18
Figura 4 - Logística reversa do óleo de fritura.....	22
Figura 5 - Representação esquemática do processo logístico direto e reverso.....	23
Figura 6 - Estimativa da produção de óleo de soja no Brasil.....	24
Figura 7- Fluxograma das atividades a serem desenvolvidas.....	27
Figura 8 - Balança analítica para determinação da massa específica do óleo.....	29
Figura 9 - Determinação da massa do óleo residual.....	29
Figura 10 - Titulação com KOH.....	31
Figura 11 - Reação de neutralização.....	31
Figura 12 - pHmetro digital.....	32
Figura 13 - Determinação do pH da amostra.....	32
Figura 14 - Solubilidade em etanol.....	30
Figura 15 - Solubilidade em Hexano.....	33
Figura 16 - Solubilidade em Clorofórmio.....	31
Figura 17 - Solubilidade em Diclorometano.....	34
Figura 18 - Fibra de coco in natura e fibras peneiradas.....	35
Figura 19 - Fibra de coco lavada e separada.....	35
Figura 20 - Pesagem da fibra de coco.....	36
Figura 21 - Agitação das amostras.....	36
Figura 22 - Sistema de filtração do óleo adsorvido.....	37
Figura 23 - Amostras separadas após filtração.....	38
Figura 24 - Massa específica óleo residual.....	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais vantagens de óleos residuais como matéria-prima.....	24
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Massa específica óleo residual	39
Tabela 2 - Massa específica óleo tratado.....	40
Tabela 3 - Teste de solubilidade do óleo residual	41
Tabela 4 - Teste índice de acidez	42
Tabela 5 - pH das amostras	43

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.2. JUSTIFICATIVA	12
1.3. OBJETIVOS	13
1.3.1. OBJETIVO GERAL	13
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1. BIOCOMBUSTÍVEL	13
2.2. BIODIESEL	16
2.2.1. MÉTODOS DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL	17
2.3. ÓLEO DE FRITURA USADO	19
2.4. GERAÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DE RESÍDUOS URBANOS	20
2.5. LOGÍSTICA REVERSA	21
2.6. BIOCOMBUSTÍVEL OBTIDO ATRAVÉS DE ÓLEO DE FRITURA USADO	23
2.7. ALTERNATIVAS DE PURIFICAÇÃO DO ÓLEO	25
2.7.1. ADSORÇÃO	25
2.7.2. FIBRA DE COCO COMO AGENTE ADSORVENTE	26
3. METODOLOGIA	27
3.1. TIPO DE PESQUISA	27
3.2. LOCAL DE COLETA DO ÓLEO	27
3.3. DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO ÓLEO RESIDUAL	28
3.3.1. MASSA ESPECÍFICA	28
3.3.2. ÍNDICE DE ACIDEZ	30
3.3.3. pH	32
3.3.4. SOLUBILIDADE	33
3.3.5. PREPARO DO AGENTE ADSORVENTE	34

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1. MASSA ESPECÍFICA	39
4.2. SOLUBILIDADE	41
4.3. ÍNDICE DE ACIDEZ	42
4.4. PH	43
5. CONCLUSÃO.....	44
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento populacional e a necessidade cada vez maior do ser humano pelo consumo imediato a busca por fontes de energias alternativas tem se apresentado como uma importante opção para os processos produtivos. A maior parte dos países ainda utilizam de fontes de energias não renováveis, derivado de combustíveis fósseis, como principal matriz energética para alimentar os seus processos industriais.

A futura escassez de petróleo e as mudanças climáticas provocadas pela queima de combustíveis fósseis possibilitaram um grande desenvolvimento de pesquisas para a produção de energia alternativa, através de fontes renováveis como a biomassa, energia solar e eólica.

Segundo Christoff (2006) o Brasil por ter uma grande biodiversidade e ser muito rico em plantas oleaginosas, é considerado como um país privilegiado pela comunidade internacional, pois isso possibilita um elevado potencial de aproveitamento energético dessa matriz. Essa grande disponibilidade de matéria prima aliada ao marco regulatório do biodiesel promulgado em 2016 através da Lei 13.263, coloca o Brasil como um dos principais produtores de biodiesel no mundo.

Castellanelli (2008) afirma que no cenário de produção de biocombustível a partir de plantas oleaginosas, pode se somar a produção de biocombustível a partir de óleos de fritura usado disponíveis de forma imediata e que tem capacidade de se transformar em biocombustível de alta qualidade.

Cada vez mais a reciclagem de resíduos urbanos tem ganhado espaço, devido ao aumento dos níveis de degradação ambiental provocados pelas atividades industriais e urbanas além de se apresentar como matéria prima de baixo custo. O reaproveitamento do óleo de fritura usado como fonte de matéria prima para a produção de biocombustível é uma alternativa interessante pois se trata de um resíduo de alta poluição ambiental e de grande quantidade nos centros urbanos. (SILVA, 2011).

O aproveitamento desse resíduo como matéria prima para a produção de biocombustível no Brasil ainda é reduzido em números, poucas cidades apresentam coleta deste resíduo para esse tipo de produção (OSAKI E BATALHA, 2011).

É de grande importância que haja uma conscientização da população em geral e também dos empresários para que o Óleo de Fritura Usado (OFU), seja visto como uma ótima alternativa para produção de biocombustível e que comece a ser utilizado em larga escala, possibilitando assim, uma grande redução nos impactos ambientais

causados por esse tipo de resíduo nos centros urbanos além de possibilitar a geração de empregos nesse setor.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Vislumbra-se a oportunidade de expansão do aproveitamento dos óleos de fritura que hoje são descartados, quase que totalmente, gerando ônus para empresas de saneamento e poluindo as águas. Além da conscientização e educação ambiental da população, o aumento da demanda por biocombustíveis pode impulsionar a demanda por este tipo de matéria prima, por meio de ações convergentes para fomentar o recolhimento e reaproveitamento deste passivo ambiental para transformação em energia renovável. Cabe ressaltar que na cidade de Palmas-TO não existe nenhum projeto de reaproveitamento desse resíduo como matéria prima para produção de bi-combustível.

1.2. JUSTIFICATIVA

O processo de fritura constitui uma das formas mais rápidas de preparo para determinados alimentos, e por este motivo vem sendo amplamente utilizado. Como consequência, tem-se um aumento na quantidade de óleos e gorduras residuais, oriundos deste processo. Os óleos residuais das frituras acabam sendo dispostos em aterros sanitários ou despejados em rios, riachos e ainda diretamente nas pias e vasos sanitários, causando inúmeros impactos ambientais.

Conforme Silva (2011), o emprego de óleos usados para produção de biocombustível transforma esse importante resíduo em matéria-prima, uma vez que representa uma alternativa potencialmente barata e ambientalmente correta, devido à origem renovável do óleo vegetal, além de ter destino nobre, pois não são descartados de maneira incorreta.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa tem como objetivo caracterizar e fornecer os parâmetros necessários do óleo residual de fritura além de avaliar os efeitos do pré tratamento com adsorção de fibra de coco a fim de ser utilizado como matéria prima para o processo de produção de biocombustível.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar as propriedades físico-químicas do óleo residual de fritura;
- Realizar o pré-tratamento das amostras do óleo residual utilizando a fibra de coco;
- Testar o efeito da porcentagem de fibra de coco adicionada no pré-tratamento;
- Fazer a caracterização físico-química da matéria-prima tratada;
- Avaliar o efeito do pré-tratamento sobre as características físico-químicas do óleo residual de fritura;
- Identificar se os parâmetros obtidos são adequados para o uso deste óleo residual como matéria-prima no processo de produção de biodiesel.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. BIOCOMBUSTÍVEL

Os biocombustíveis representam um importante papel diante da necessidade de exploração de recursos energéticos alternativos aos combustíveis fósseis, principal fonte de energia utilizada no mundo. A crescente demanda energética resultou na diminuição substancial dos reservatórios de petróleo, gás natural e carvão mineral e, aliado a este problema, o aumento no uso de combustíveis fósseis é apontado como a principal causa da poluição atmosférica.

Para Sharma et al. (2008), o biodiesel juntamente com o etanol, compõe uma importante oferta para o segmento de combustíveis. Ambos são biocombustíveis por serem derivados de biomassa (matéria orgânica de origem vegetal ou animal, que pode ser utilizada na produção de energia), menos poluentes e renováveis.

A produção e o consumo de combustíveis derivados de fontes fósseis são abundantes desde a descoberta do petróleo, no final do século XIX. Com a evolução da indústria petroquímica, esse produto tornou-se mais barato, aumentando a sua demanda. Porém, nos anos 70 esse cenário mudou, por conta da crise do petróleo e os Estados se viram obrigados a diversificar a matriz energética, o que criou novas possibilidades para a implantação de programas em defesa do uso do biodiesel. (SILVA, 2011).

Um marco no âmbito de biocombustíveis no Brasil foi o Programa Nacional do Álcool, o Proálcool. Implantado em 1975, como incentivo de desenvolvimento do etanol como substitutivo da gasolina, o programa é considerado uma experiência de sucesso no setor comercial de biomassa como fonte de energia.

O biodiesel foi introduzido na matriz energética brasileira por meio do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), um programa interministerial do Governo Federal cujo objetivo era a implementação da produção e do uso do biodiesel de forma sustentável, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional, visando também diminuir a dependência de importação do derivado fóssil, o diesel ANP (2016).

Em 2004 foi lançado o PNPB, e representou importante iniciativa a fim de viabilizar a utilização desse biocombustível como fonte alternativa de energia. No ano de 2005, a Lei federal 11.097/2005 introduziu o biodiesel na matriz energética do país e estabeleceu as condições legais para a obrigatoriedade de adição de uma porcentagem de biodiesel em todo óleo diesel comercializado no Brasil.

Atualmente, o percentual obrigatório de biodiesel adicionado na mistura com o diesel comercializado no Brasil é de 11% (B8) e as perspectivas são de aumento desse valor. Em 2019, o avanço do B10 para o B11 significou um aumento de produção de 200 milhões de litros, alcançando o volume recorde de 6 bilhões de litros. A partir de março de 2020 passa a ser de no mínimo de 12% passando para o estágio B12. A legislação brasileira também prevê que o uso de biodiesel avance no mínimo 1% ao ano até 2023 (UBRABIO, 2020).

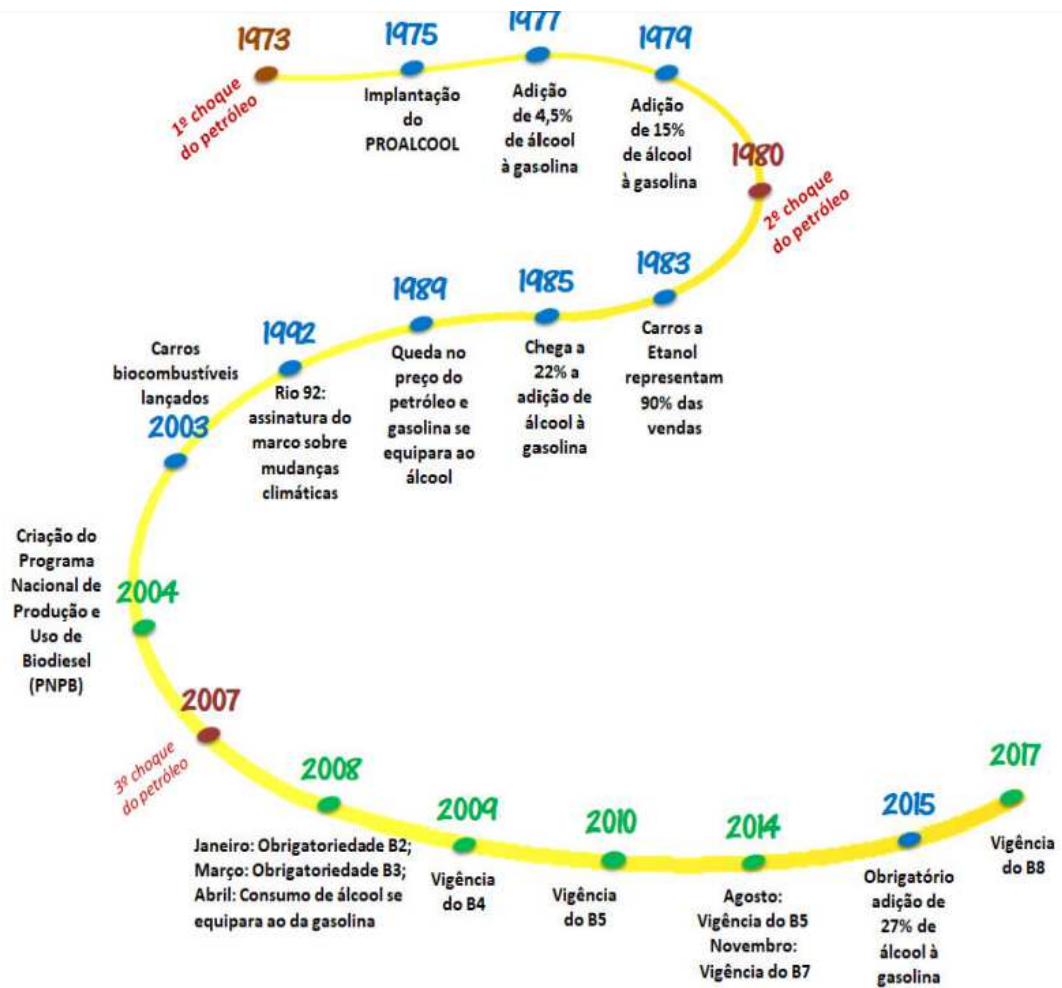


Figura 1 - Evolução do Biocombustível no Brasil.

Fonte: ECOMASSA (2016)

Segundo Kohlhepp (2010), o potencial do biocombustível no Brasil fortifica a sua posição como potência regional com influência global e garante a sua pretensão de líder político na América Latina. Os mais recentes desenvolvimentos no setor de biocombustíveis mostram que o Brasil passa por um processo abrangente de transformação, conduzindo não somente a enormes consequências econômicas, mas também na política interna levando a mudanças sociais, socioculturais e ecológicas.

2.2. BIODIESEL

O biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, que pode ser obtido por diferentes processos como craqueamento, transesterificação, pirólise e outros. Tem origem mais comum a partir da reação química de óleos ou gorduras de origem animal ou vegetal com álcool na presença de um catalisador (CNT, 2012).

Segundo Brunelli (2009), o uso de biodiesel, em substituição aos combustíveis derivados do petróleo, apresenta vantagens, como:

- a) a condição de ser livre de enxofre e compostos aromáticos, portanto, polui menos;
- b) possui alto número de cetano, aumenta o poder de combustão;
- c) ter maior ponto de fulgor que o diesel de petróleo;
- d) promove menor emissão de partículas de hidrocarbonetos;
- e) possui caráter biodegradável e não tóxico;
- f) possibilidade de ser produzido a partir de matérias-primas renováveis.

O biodiesel possui grande compatibilidade com o diesel convencional, por isso o biodiesel é caracterizado como uma alternativa capaz de atender à maior parte da frota de veículos movidos a diesel já existente no mercado, sem qualquer necessidade de investimentos tecnológicos na adaptação de motores (RAMOS, 2006). Diferentemente de outros combustíveis limpos, como o óleo *in natura* e o gás natural ou o biogás, que requerem uma adaptação considerável para que o desempenho exigido pelos motores seja mantido.

O principal desafio no uso de biodiesel em grande escala, no entanto, é viabilizar economicamente e sustentavelmente seu processo de produção. É necessário dar ênfase em atingir um processo de menor custo e que, ao mesmo tempo, promova a gestão efetiva da terra (JANAUN; ELLIS, 2010).

2.2.1. MÉTODOS DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL

O biodiesel é um combustível renovável obtido a partir de um processo químico denominado transesterificação. Por meio desse processo, os triglicerídeos presentes nos óleos e gordura animal reagem com um álcool primário, metanol ou etanol, gerando dois produtos: o éster e a glicerina. O primeiro somente pode ser comercializado como biodiesel, após passar por processos de purificação para adequação à especificação da qualidade, sendo destinado principalmente à aplicação em motores de ignição por compressão ANP (2016).

Segundo Kucek (2004), o biodiesel é um substituto natural do diesel de petróleo que pode ser produzido a partir de fontes renováveis como óleos vegetais, gorduras animais e óleos utilizados para cocção de alimentos (fritura). Quimicamente, é definido como éster monoalquílico de ácidos graxos derivados de lipídeos de ocorrência natural e pode ser produzido, juntamente com a glicerina, através da reação de triacilgliceróis (ou triglicerídeos) com etanol ou metanol, na presença de um catalisador ácido ou básico, conforme Figura 2.

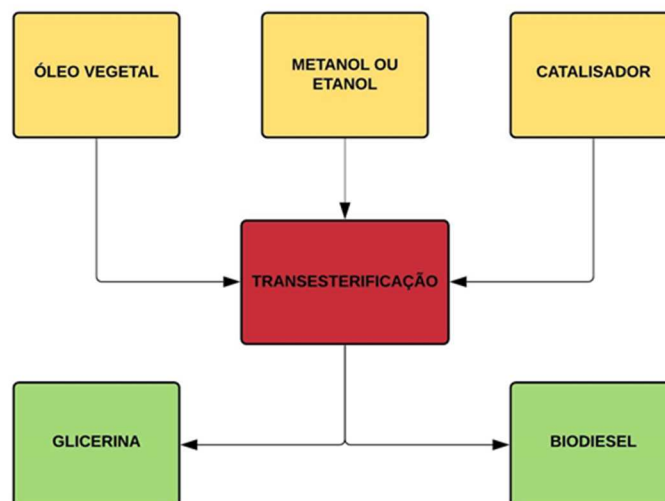


Figura 2 - Processo de Transesterificação

Fonte: Autor (2020)

Outra forma comum de se obter o biodiesel é através da pirólise de uma biomassa, sendo esta definida como, toda matéria orgânica de origem animal, vegetal ou

de microrganismos que é suscetível a ser transformada em energia ou bioenergia. O uso de biomassa como matéria prima apresenta-se como vantajosa pois é renovável e gera baixas quantidades de poluentes.

Segundo Pedroza et al. (2017), a pirólise surge como um processo alternativo de destinar adequadamente materiais com potencial poluidor do meio ambiente bem como uma forma de agregação de valor aos RSU por se tratar de um processo de conversão energética de uma biomassa, onde a degradação térmica dos componentes moleculares ocorre na ausência parcial ou total de oxigênio entre temperaturas de 300 a 1000 °C. Observa-se que os produtos obtidos apresentam maior potencial energético que daquelas biomassas empregadas no processo.

A pirólise de matéria orgânica ou biomassa tem uma capacidade de fornecer produtos finais com valor agregado tais como o bio-óleo, a fração gasosa e o carvão, podendo ser utilizados a nível industrial. O óleo resultante da pirólise de biomassa, usualmente denominado de bio-óleo, além de ser um combustível líquido renovável, apresenta vantagem sobre derivados do petróleo, pode ser fonte para a produção de várias substâncias químicas, conforme Figura 3.

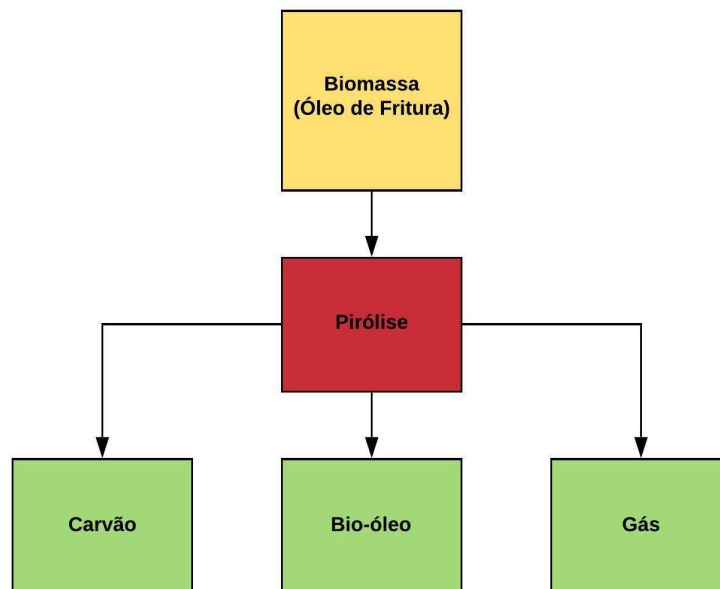


Figura 3 - Processo de Pirólise.

Fonte: Autor (2020)

2.3. ÓLEO DE FRITURA USADO

O aumento do consumo traz consigo o aumento dos dejetos e de embalagens, resíduos que são fruto de uma mentalidade produtiva voltada para o consumo imediato, sem preocupação com as consequências para o meio ambiente ou para o futuro dos próprios consumidores.

Conforme Castellanelli (2008), os óleos alimentares usados representam uma categoria de subprodutos ou resíduos provenientes de diversas atividades, mas, na sua maior parte, derivados da atividade de fritura de alimentos. Dentre as atividades responsáveis por gerar este resíduo destaca-se nomeadamente as seguintes:

- Atividades domésticas (óleos de cozinha usados na confecção dos alimentos, como por exemplo, a fritura de batatas, salgados, etc.);
- Atividades industriais, destacando-se as de preparação e conservação de batata (fabricação de batatas fritas “em pacote”) ou outros tipos de alimentos que necessitem de óleo de fritura em grande quantidade;
- Estabelecimentos como hotéis, restaurantes e cafés, cantinas e refeitórios. Estes óleos usados resultam essencialmente da utilização de óleos de origem vegetal (azeite, óleo de girassol, óleo de soja, óleo de canola, entre outros).

Segundo Neto et al. (2000), o processo de fritura pode ser definido como o aquecimento do óleo em temperaturas entre 160 e 220 °C na presença de ar durante longos períodos de tempo. Durante o processo de fritura ocorrem alterações físico-químicas no óleo como:

- Aumento da viscosidade e calor específico;
- Diminuição do número de iodo (número proporcional ao teor de insaturação);
- Mudança na tensão superficial;
- Mudança no aspecto (cor);
- Aumento da acidez devido à formação de ácidos graxos livres;
- Odor desagradável (ranço);
- Aumento da tendência do óleo em formar espuma.

A composição em ácidos graxos da matéria-prima usada para produzir biodiesel influencia diretamente algumas propriedades físico-químicas do biocombustível produzido. Por exemplo, nos aspectos, tamanho da cadeia do ácido graxo, quanto maior número de carbonos da molécula de ácido graxo, maior será o número de cetano do

biodiesel, tendo essa propriedade a característica de modificar as condições de combustão no motor (SILVA; NETO, 2013).

Por serem constituídos, em sua maioria, de ácidos graxos insaturados, os óleos são líquidos em temperatura ambiente, já que as insaturações da cadeia dificultam o agrupamento da cadeia de triacilglicerol, fazendo com que aconteça fusão a baixas temperaturas. Já a gordura, constituída majoritariamente de ácidos graxos saturados, é sólida à temperatura ambiente (KUCEK, 2004).

O óleo residual de fritura é proveniente do consumo de óleos vegetais comestíveis virgens refinados. Após esse consumo, são basicamente dois os possíveis destinos para o óleo de fritura usado: o esgoto sanitário, causando a poluição da água e onerando seu tratamento e processadores que transformam o resíduo em um novo produto (GUABIROBA E D'AGOSTO, 2011).

Segundo Mendonça *et al.* (2008), cada litro de óleo despejado no esgoto urbano tem potencial para poluir cerca de um milhão de litros de água, o que equivale à quantidade que uma pessoa consome ao longo de quatorze anos de vida. Ao ser descartado desta maneira, há entupimento e mal funcionamento das tubulações, tornando necessário o uso de produtos químicos que são tóxicos, o que implica danos ambientais. Além disso, ao ser despejado nas redes de esgoto, o óleo encarece o tratamento de água em até 45%.

2.4. GERAÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DE RESÍDUOS URBANOS

O termo resíduo engloba os diversos objetos utilizados pelo homem que tenham perdido sua utilidade para cumprir o fim a que foram destinados inicialmente. Para Oliveira (2004), a reutilização de resíduos, que se pode efetivar de várias formas (reciclagem, recuperação do biogás, compostagem, reutilização direta), é importante quanto aos aspectos ambientais, sanitários, sociais, energéticos e econômicos, aproximando-se da visão de que resíduo pode significar matéria-prima fora do lugar ou dinheiro jogado fora.

Os resíduos definidos como sólidos pela Norma Brasileira 10.004, são aqueles:

Resíduos nos estados sólidos e semissólidos que resultam da atividade da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.

Considera-se também, resíduo sólido os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam, para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT,1987,p.1).

Segundo Castellaneli (2008) os insumos de origem de processos industriais, pecuária, e principalmente da indústria alimentícia são os que ocupam lugar de destaque e também são os que apresentam potencial químico para geração de biocombustível. Dentre eles, os mais representativos dos resíduos são os óleos vegetais derivados de fritura de alimentos, e os ácidos graxos encontrados tanto na gordura animal quanto no esgoto sanitário.

2.5. LOGÍSTICA REVERSA

A logística reversa pode ser entendida como um processo complementar à logística tradicional, pois enquanto a última tem o papel de levar produtos dos fornecedores até os clientes intermediários ou finais, aquela deve completar o ciclo, trazendo de volta os produtos já utilizados dos diferentes pontos de consumo até sua origem (LACERDA, 2009).

Por traz do conceito de logística reversa está um conceito mais amplo que é o do “ciclo de vida”. A vida de um produto, do ponto de vista logístico, não termina com sua entrega ao cliente. Produtos se tornam obsoletos, danificados, ou não funcionam e deve retornar ao seu ponto de origem para serem adequadamente descartados, reparados ou reaproveitados.

Segundo Sousa et al. (2016), de acordo com estudos das universidades de Yale e Colúmbia, em um ranking de 163 países que fazem o processo de Logística Reversa, o Brasil está em 62º lugar em desempenho ambiental.

Conforme Figura 4, pode-se verificar como se dá o processo de logística reversa do óleo de fritura utilizado nos comércios, indústrias e residências:



Figura 4 - Logística reversa do óleo de fritura
Fonte: Sousa (2016)

Primeiro processo a ser realizado é a coleta e a triagem visual, na primeira filtragem são utilizadas várias peneiras de diâmetros diferentes para retirar todos os resíduos grandes e pequenos (farinha e restos de alimentos). O que é recolhido nessa filtragem é enviado para aterros sanitários, o óleo de boa qualidade separado é destinado a produção de biocombustível e o de qualidade ruim é destinado a produção de sabão.

Para Lacerda (2009), pode-se definir logística reversa como sendo o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas, estoque em processo e produtos acabados (e seu fluxo de informação) do ponto de consumo até o ponto de origem, com o objetivo de recapturar valor ou realizar um descarte adequado, conforme Figura 5.

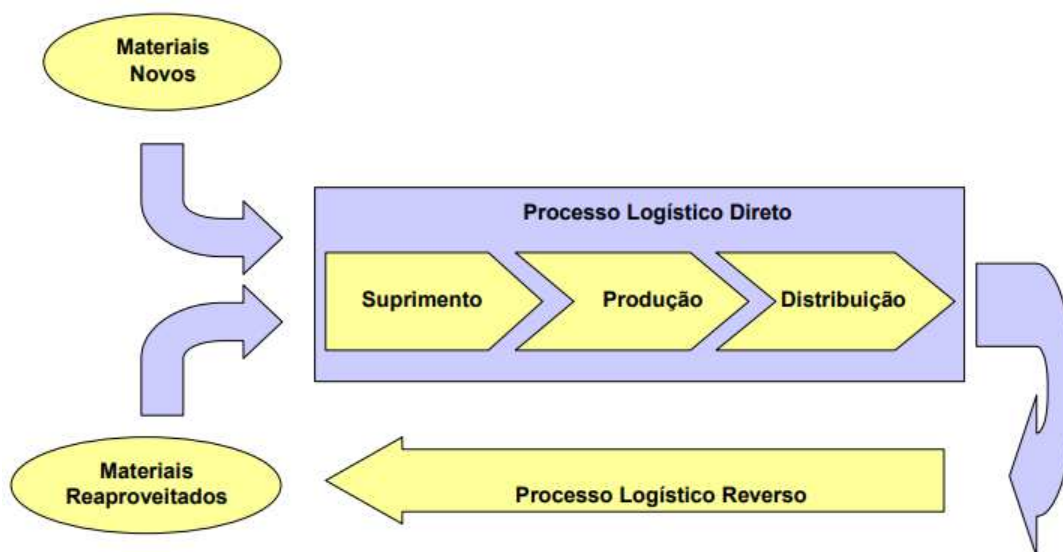


Figura 5 - Representação esquemática do processo logístico direto e reverso
Fonte: Lacerda (2009)

2.6. BIOCOMBUSTÍVEL OBTIDO ATRAVÉS DE ÓLEO DE FRITURA USADO

Os óleos de fritura usados (OFU), são considerados uma alternativa promissora na síntese de biodiesel, devido ao seu baixo custo e alta disponibilidade. Além disso, sua utilização também reduziria os custos de remoção e tratamento desse resíduo.

O biodiesel, produzido a partir de oleaginosas ou de resíduos de óleo, possui características químicas apropriadas, é benéfico ao ambiente, polui menos que o diesel mineral, é competitivo economicamente, auxilia na redução ao aquecimento global, entre outras vantagens (FERNANDES ET AL., 2008).

A utilização de biodiesel obtido através do óleo de fritura utilizado no transporte rodoviário oferece inúmeras vantagens para o meio ambiente, principalmente nas grandes cidades pois a emissão de poluentes é menor que a do óleo diesel. Segundo Lima (2004), o biodiesel quando comparado ao óleo diesel pode reduzir em até 78% das emissões de gás carbônico, considerando a reabsorção pelas plantas e também reduz em até 90% as emissões de fumaça além de quase zerar as emissões de óxido de enxofre.

Para Barros, Wust e Meier (2008), existem três principais vantagens decorrentes da utilização de óleos residuais de fritura como matéria-prima para produção de biodiesel, conforme Quadro 1:

Quadro 1- Principais vantagens de óleos residuais como matéria-prima

Vantagens	Caracterizada por:
Tecnológica	Dispensa de processo de extração do óleo.
Econômica	Custo de matéria-prima baixo, por se tratar de um resíduo.
Ambiental	Destinação adequada de um resíduo que em geral é descartado inadequadamente.

De acordo com a ABIOVE (2018), a produção de óleo de soja no ano de 2018 foram de 8,7 milhões de toneladas sendo destes 7,9 milhões para o consumo doméstico. A quantidade de óleo de fritura reciclado foi da ordem de 88 milhões de litros para a produção de biodiesel em 2018, cerca de 2% de todo o biodiesel produzido no Brasil.



Figura 6 - Estimativa de crescimento na produção de soja no Brasil

Fonte: ABIOVE (2018)

Conforme a Figura 6, estima-se que a produção de óleo de soja no Brasil chegue a 19,9 milhões de toneladas em 2030. Segundo ABIOVE (2018), atualmente o consumo médio per capita de óleo de soja é de 19 litros por ano, levando em consideração o consumo direto e indireto (óleo envasado, indústria alimentícia, indústria química, cosméticos etc.). O cenário projetado para 2030 considerou aumento do consumo médio per capita de óleo para 24 litros por ano, ou seja, um consequente aumento na quantidade de óleo residual que se não for reaproveitado, irá para os sistemas de tratamento de água e poluição do meio ambiente.

Para Castro (2009), a produção de um biocombustível a partir deste resíduo traz inúmeros benefícios para a sociedade, pois haverá diminuição de vários problemas relacionados ao seu descarte, sendo que, além destes benefícios, ainda existe a possibilidade de aumentar a produção e a utilização de biocombustível, como no caso o biodiesel, diminuindo a emissão de gases de efeito estufa, contribuindo com o meio ambiente.

Segundo Encinar *et al.* (2011), estima-se que 70 a 95% do custo de produção do biodiesel resultem de suas matérias-primas. Neste sentido, a utilização de óleo vegetal usado em frituras pode ser uma alternativa de redução de custos. Dependendo do valor da matéria prima utilizada não se obtém lucro e ao utilizar óleos residuais o custo de obtenção da matéria-prima pode chegar a custo zero, se esta for doada. Além disso, outros reflexos socioeconômicos são compensados, quando comparado aos óleos virgens, pois cerca de 68% da produção de biodiesel no Brasil provém do óleo da soja. Esta oleaginosa, por ser atrelada à alimentação, torna um possível encarecimento de produtos alimentícios ligados a ela, por consequência da diminuição da oferta e encarecimento do produto final.

No entanto, a utilização de óleos residuais de fritura destinados à produção de biodiesel no Brasil ainda é baixa. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), em 2019 somente cerca de 2% do biodiesel produzido no Brasil foi proveniente de óleos residuais (ABIOVE, 2020).

Um limitante no uso do OFU para a produção de biodiesel é que, dependendo de seu estado de degradação, constitui-se uma matéria-prima altamente heterogênea, com contaminantes que prejudicam a qualidade do biocombustível (BOTELHO, 2012).

2.7. ALTERNATIVAS DE PURIFICAÇÃO DO ÓLEO

2.7.1. ADSORÇÃO

Segundo Brandão (2006), o processo de adsorção para a remoção de contaminantes, presente em baixas concentrações, em fase líquida, tem sido amplamente utilizado. O fenômeno de adsorção é caracterizado como o enriquecimento de um ou mais componentes em uma região interfacial, sendo pelo menos uma delas condensadas.

A adsorção é um fenômeno de superfície onde ocorre a aderência de moléculas de um composto presente em uma fase fluida, que pode ser líquida ou gasosa, sobre a superfície e/ou poros de um material de elevada área superficial. A fase líquida ou gasosa recebe o nome de adsorbato e a fase sólida de adsorvente.

Um adsorvente é considerado de baixo custo quando o mesmo é abundante e de fácil obtenção, além de necessitar de pouco ou nenhum tratamento para ser utilizado. Nos últimos anos, grupos de pesquisas tem se interessado por estudos de adsorção utilizando resíduos agrícolas, como casca de arroz, casca da mandioca, caroço de azeitona, bagaço da cana de açúcar, fibra de coco, entre outros, para remoção de diversos contaminantes presentes em solução aquosa (CRINI, 2006).

2.7.2. FIBRA DE COCO COMO AGENTE ADSORVENTE

A casca de coco (fonte de fibra) corresponde cerca de 80 a 85% do peso bruto do fruto, e no Brasil são descartados por ano 800 toneladas desse resíduo. O descarte da casca de coco representa um custo adicional, principalmente, para as indústrias processadoras, devido à grande quantidade de resíduo gerado pelas mesmas. Nos grandes centros urbanos o problema se agrava ainda mais, pois esse material é de difícil descarte, sendo enviado para lixões e aterros sanitários, acarretando problemas ambientais e toxicológicos (EMBRAPA, 2007).

A fibra de coco é um material vegetal rico em lignina, celulose e hemicelulose, levando de oito a dez anos para se decompor no ambiente. Desse modo, o aproveitamento desse resíduo proporciona benefícios econômico, social, agrônômico, ambiental e reduz agentes transmissores de doenças. Atualmente, a fibra de coco tem inúmeras aplicações industriais, podendo ser utilizada na fabricação de tapetes, cordas, material artesanal, estofamento de carros, fabricação de placas usadas como isolante térmico e acústico, etc. (BRÍGIDA et al., 2010).

3. METODOLOGIA

3.1. TIPO DE PESQUISA

O presente trabalho é constituído de uma pesquisa do tipo experimental, que consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que são capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. A Figura 7 mostra a sequência de etapas foram desenvolvidas nesta pesquisa.

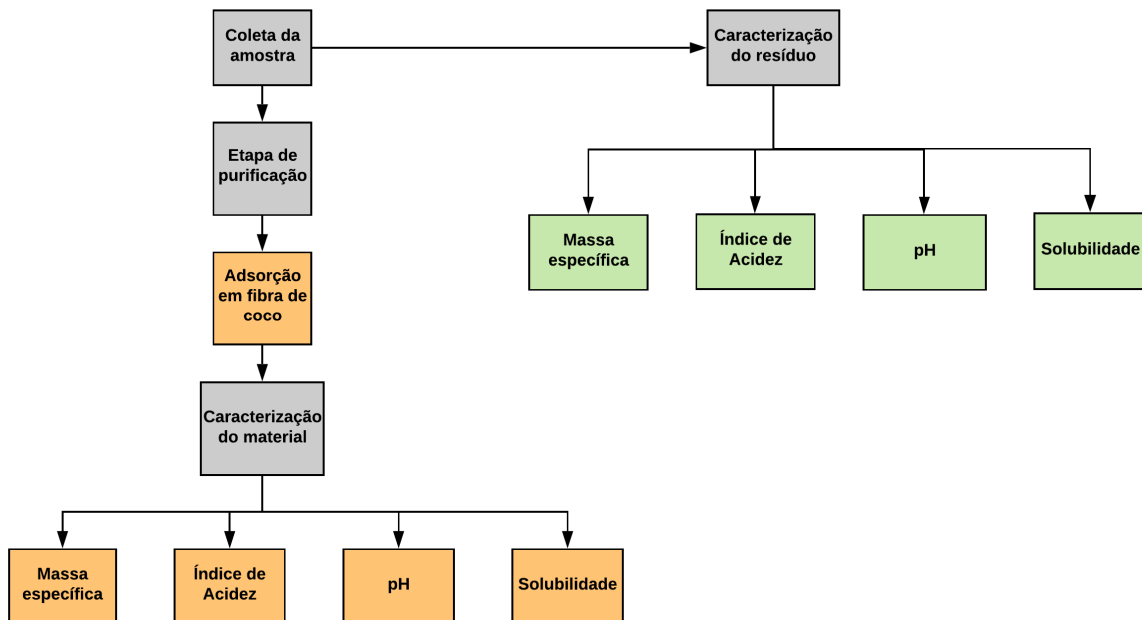


Figura 7- Fluxograma das atividades que foram desenvolvidas

Fonte: Autor (2020)

3.2. LOCAL DE COLETA DO ÓLEO

O óleo residual de fritura foi coletado no restaurante da rede de *fast food* *Burger King*, localizado na Av. Joaquim Teotônio Segurado na cidade de Palmas – TO.

A amostra coletada foi devidamente acondicionada e identificada com o local e a data da coleta.

3.3. DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO ÓLEO RESIDUAL

Quando os óleos vegetais são submetidos aos processos de fritura, acontecem muitas reações que degradam o material e afetam as qualidades funcionais desses óleos, alterando as propriedades físico-químicas.

O conhecimento de tais propriedades é importante para a aplicação deste material na síntese do biocombustível, uma vez que a qualidade do biodiesel produzido está relacionada com as características da matéria-prima oleaginosa utilizada em sua síntese, dentre outros fatores.

Portanto, foi realizado a determinação das características físico-químicas do óleo residual e posteriormente foi feita a adsorção da fibra de coco e então refeitas as mesmas análises para efeito de comparação.

3.3.1. MASSA ESPECÍFICA

A massa específica ou densidade de uma substância é definida como a razão entre sua massa (m) e o seu volume (v): A densidade de sólidos e líquidos, segundo o Sistema Internacional de Unidades é expressa em quilograma por metro cúbico (kg/m^3), contudo, é comumente utilizada a medida de gramas por centímetro cúbico (g/cm^3) e gramas por mililitro (g/ml). Diferentemente de grandezas como massa ou comprimento, chamamos a densidade de grandeza derivada, porque é definida através de outras grandezas físicas.

Para a análise de óleos, temos algumas informações importantes: a densidade para os triglicerídeos vai diminuindo conforme diminui o seu peso molecular e quanto mais alto for o seu grau de insaturação, ou seja, gordura sólidas (margarinas e etc.) possuem densidade maior do que óleos refinados, por exemplo.

Para a determinação da massa específica foi utilizada uma proveta de 100 mL e uma balança analítica. Foram realizadas adições do material nos respectivos volumes de 20mL, 40mL, 60mL, 80mL e 100mL, com a obtenção dos valores das massas do material em questão. Então foi determinada a massa específica, média e o desvio padrão, partindo do princípio de que a densidade é a relação de massa e o volume da amostra, de acordo com as Figuras 8 e 9.



Figura 8 - Balança analítica para determinação da massa específica do óleo
Fonte: Autor (2020)



Figura 9 - Determinação da massa do óleo residual
Fonte: Autor (2020)

3.3.2. ÍNDICE DE ACIDEZ

O índice de acidez é a massa de hidróxido de potássio (KOH) em miligramas, consumida na neutralização dos ácidos graxos livres presentes em um grama de amostra de óleo.

Segundo Da Silva e Neto (2013), a acidez de um óleo não pode ser entendida como uma constante, uma vez que provém da hidrólise parcial dos triglicerídeos e, por isso, é associada ao grau de degradação do óleo.

Óleos com elevada acidez livre são impróprios para o consumo humano e para sua utilização como combustível, uma vez que a acidez livre tem ação corrosiva sobre os componentes metálicos do motor.

Para determinação do índice de acidez, utilizou-se o método CD 3a – 63 da AOCS (*American Oil Chemists' Society*), onde o objetivo é analisar o número de miligramas de hidróxido potássio (KOH) necessário para neutralizar os ácidos livres em 1g da amostra de óleo.

Portanto, foram pesados 1,0 g de óleo em um Erlenmayer e depois foi dissolvido em 125 ml de álcool. Após este procedimento prosseguiu-se com a titulação com solução padronizada de KOH 0,1N sob agitação magnética constante, então anotou-se o volume necessário de KOH que foi gasto para o pH da amostra atingir o patamar de 8,2, que indica que não existem mais acidez na amostra, conforme mostrado nas Figuras 10 e 11.

A determinação numérica do índice de acidez é calculada com base no volume gasto na titulação da amostra. O resultado numérico foi obtido através da fórmula descrita na Equação 1.

$$I.A = \frac{56,1 \times M \times V}{m} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

I.A = índice de acidez da amostra em mgKOH/g;

M = Molaridade da solução de hidróxido de sódio (0,1 mol. L⁻¹);

V = Volume da solução hidróxido potássio gasto titulação da amostra de óleo (ml);

m = massa do óleo em gramas

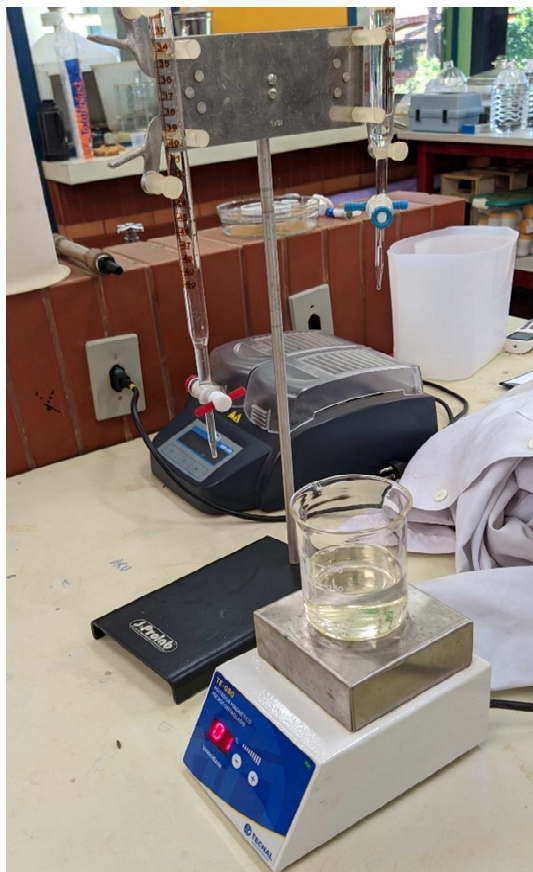


Figura 10 - Titulação com KOH
Fonte: Autor (2020)

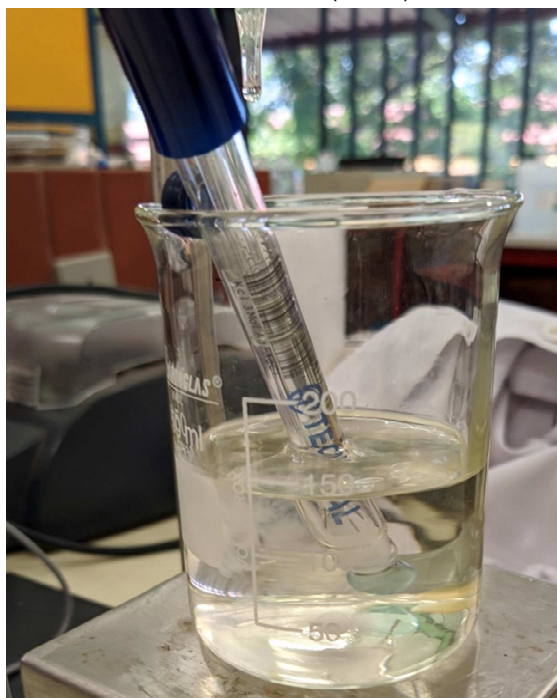


Figura 11 - Reação de neutralização
Fonte: Autor (2020)

3.3.3. pH

O pH é determinado por potenciometria, pela determinação da diferença de potencial entre dois eletrodos - o de referência e o de medida - imersos na amostra a ser analisada, e depende da atividade dos íons de hidrogênio na solução. O pH do óleo de fritura usado foi determinado com o auxílio de um pHmetro digital, conforme as Figuras 12 e 13.



Figura 12 - pHmetro digital
Fonte: Autor (2020)

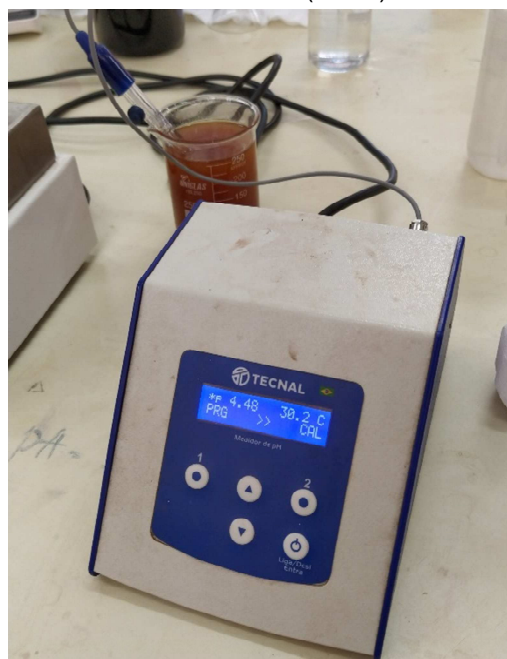


Figura 13 - Determinação do pH da amostra
Fonte: Autor (2020)

3.3.4. SOLUBILIDADE

Os parâmetros de solubilidade são propriedades importantes de várias substâncias e ferramentas muito úteis para a seleção de seus solventes ou a previsão de seu comportamento em diferentes aplicações.

O estudo foi realizado com vários solventes, tais como: etanol, clorofórmio, hexano e o diclometano. No ensaio, foi empregado um volume de amostra de 0,2 mL medido com auxílio de uma pipeta graduada e em seguida transferido para um tubo de ensaio. Na sequência, foram adicionados 3 mL de solvente ao tubo de ensaio contendo o óleo. O material foi agitado manualmente e em seguida observado à solubilidade do material no solvente empregado, conforme mostrado nas Figuras 14 a 17.

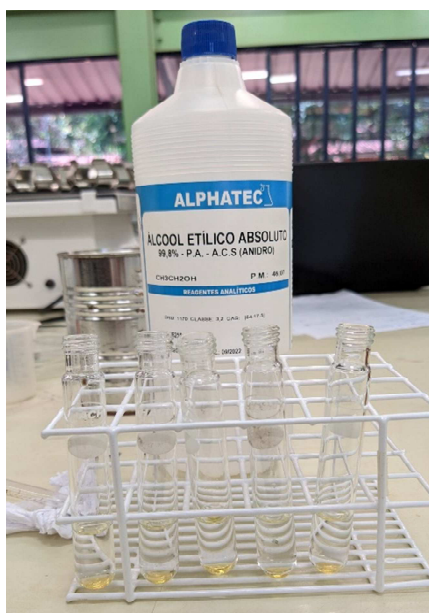


Figura 14 - Solubilidade em etanol

Fonte: Autor (2020)

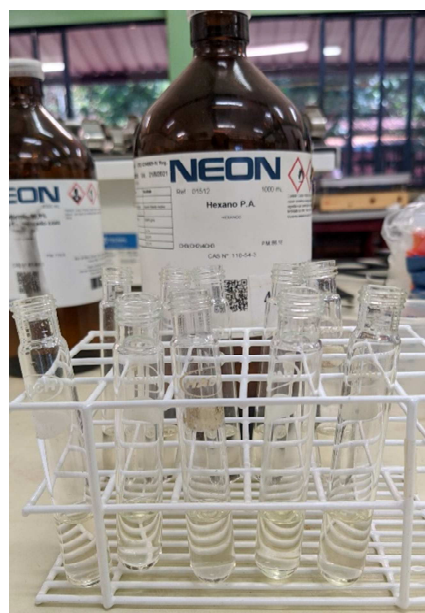


Figura 15 - Solubilidade em Hexano

Fonte: Autor (2020)



Figura 16 - Solubilidade em Clorofórmio

Fonte: Autor (2020)



Figura 17 - Solubilidade em Diclorometano

Fonte: Autor (2020)

3.3.5. PREPARO DO AGENTE ADSORVENTE

A fibra de coco passou pelo processo de pré tratamento para que pudesse ser utilizada como agente adsorvente, com a função de promover a diminuição do índice de acidez do óleo residual.

Para minimizar a presença de qualquer impureza que pudesse interferir nos resultados e que estivessem presentes nas cascas de coco (substrato adsorvente), o procedimento inicial foi de lavagem das mesmas abundantemente em água destilada, seguido da fragmentação e secagem em estufa.

As peneiras Mesh 48 e 270 foi onde se obteve maior quantidade de fibra após o peneiramento, portanto foram escolhidas para avaliar o tempo de contato e porcentagem mássica, conforme Figura 18.



Figura 18 - Fibra de coco in natura e fibras peneiradas

Fonte: Autor (2020)

Após o peneiramento da fibra de coco, o material retido nas peneiras Mesh 48 e 270 foram lavados com água corrente e depois com água destilada e posteriormente foram para estufa por 24 horas na temperatura de 60 °C, conforme Figura 19.



Figura 19 - Fibra de coco lavada e separada

Fonte: Autor (2020)

Depois de secas, as fibras foram testadas em triplicatas de porcentagem em massa de 0,5% e 1,5% de adsorvente em 80g de óleo residual bruto. Cada amostra foi pesada em uma balança de precisão e colocadas em um frasco de Erlenmeyer de 150 ml e depois adicionado óleo, após esse procedimento foram agitadas em uma mesa agitadora orbital TE 141 por 20 minutos na velocidade 7, conforme Figura 20 e 21.

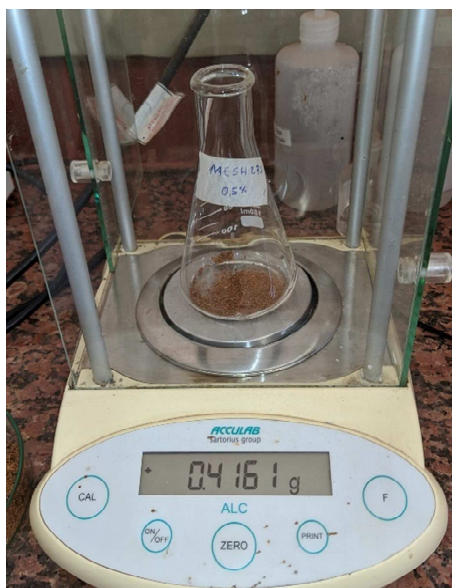


Figura 20 - Pesagem da fibra de coco

Fonte: Autor (2020)



Figura 21 - Agitação das amostras

Fonte: Autor (2020)

Após o termino do procedimento de agitação das amostras, prosseguiu-se com a filtração do óleo adsorvido em fibra de coco em um funil de Büchner com um auxílio de um papel filtro. O sistema ficou nesse processo de filtração por aproximadamente 4 horas, cada porcentagem mássica e tipo de peneira foram filtrados separadamente, conforme Figura 22.



Figura 22 - Sistema de filtração do óleo adsorvido

Fonte: Autor (2020)

Ao finalizar o processo de filtração do óleo residual adsorvido em fibra de coco, as amostras seguiram para os mesmos ensaios feitos com óleo residual coletado (pH, massa específica, solubilidade e índice de acidez) para observar os resultados obtidos e comparar com a bibliografia, conforme Figura 23.



Figura 23 - Amostras separadas após filtração

Fonte: Autor (2020)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As propriedades determinadas no presente estudo permitiram obter informações com relação à qualidade do óleo utilizado, servindo de subsídio para pesquisas futuras com relação a produção de biocombustíveis a partir de óleo de fritura usado.

Deste modo, a determinação de propriedades como massa específica, índice de acidez, pH e solubilidade antes e depois do processo de adsorção em fibra de coco do óleo residual de frituras é necessária, pois possibilita a comparação com estas mesmas propriedades após o processo de produção do biocombustível.

4.1. MASSA ESPECÍFICA

Para a determinação da massa específica do óleo residual de fritura, empregou-se a média aritmética dos valores apresentados na Tabela 1, o valor médio encontrado foi de 0,920 g/cm³.

Tabela 1 - Massa específica óleo residual

Massa (g)	Volume (cm ³)	Massa específica (g/cm ³)
9,16	10	0,916
18,56	20	0,928
27,82	30	0,927
36,73	40	0,918
45,72	50	0,914
55,25	60	0,921
64,55	70	0,922
72,78	80	0,910
83,22	90	0,925
91,79	100	0,918
Massa específica média		0,920 g/cm ³

Fonte: Autor (2020)

O gráfico de dispersão da massa (x) em função do volume (y) do óleo residual de fritura se apresenta na Figura 24.

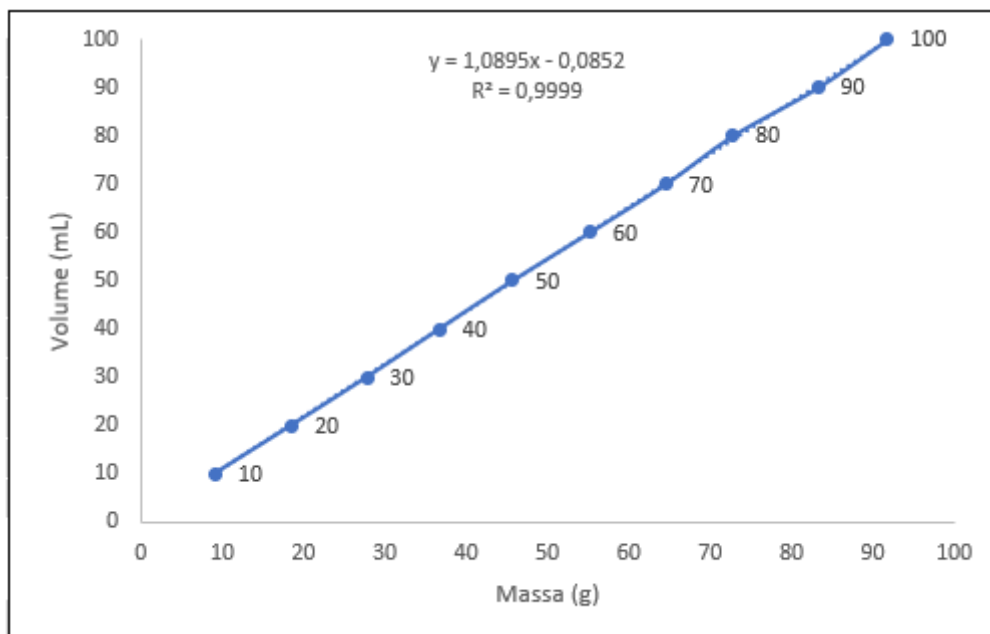


Figura 24 - Massa específica óleo residual

Fonte: Autor (2020)

A massa específica do óleo residual com adição de fibra de coco de cada tipo de e concentração de adsorvente é apresentado conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Massa específica óleo tratado

Amostra	Massa específica (g/cm³)
Mesh 270 (0,5%)	0,902
Mesh 270 (1,5%)	0,897
Mesh 48 (0,5%)	0,900
Mesh 48 (1,5%)	0,895

Fonte: Autor (2020)

De acordo com a bibliografia a massa específica do óleo de soja virgem e do óleo residual tendem a ficar muito próximas, sendo a do óleo residual um pouco maior. A massa específica do óleo de soja virgem tende a ser entre 0,916 – 0,922 g/cm³, a massa específica do óleo de fritura usado nesse estudo ficou entre os valores de referência.

Já a massa específica do óleo residual tratado com fibra de coco ficou ligeiramente abaixo dos valores anteriormente citados, esse fator é justificado pela diminuição da umidade da amostra provocada pela adsorção da fibra. Quando há presença de água no óleo, sua relação massa/volume se altera, resultando em um número maior ao tabelado. Na medida anterior ao tratamento, a densidade encontrada da matéria prima foi de 0,920 g/cm³ e após tratamento, os resultados se aproximaram de 0,90 g/cm³, provando a desagregação de umidade do óleo.

4.2. SOLUBILIDADE

Foi realizado o teste de solubilidade do óleo residual de fritura obtido nessa pesquisa com solventes polares e apolares. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos no teste. Os solventes diclorometano, clorofórmio, hexano formaram uma mistura homogênea na mistura com o óleo aqui estudado.

O etanol interagiu parcialmente com o material em estudo, formando uma mistura heterogênea.

Tabela 3 - Teste de solubilidade do óleo residual

Tipo de solvente	Resultado
Hexano	Total solução (super)
Clorofórmio	Total solução (super)
Diclorometano	Total solução (super)
Etanol	Mistura Heterogênea

Fonte: Autor (2020)

A solubilidade das amostras de óleo também depende da forma e tempo de armazenamento do líquido. O processo de polimerização de compostos no óleo dificulta o processo de interação entre os solventes e os seus compostos constituintes.

4.3. ÍNDICE DE ACIDEZ

O índice de acidez foi analisado conforme o método AOCS Cd 3d-63, onde o mesmo está diretamente relacionado com a quantidade de ácidos graxos livres presentes no material lipídico e representa a quantidade de hidróxido de sódio ou potássio, em miligramas, necessários para neutralizar os ácidos graxos livres do material.

A Tabela 4 apresenta os valores de acidez do óleo de fritura que foi utilizado como matéria prima e também do óleo pós tratamento com a fibra de coco.

Tabela 4 - Teste índice de acidez

Amostra	Índice de acidez em mgKOH/g
Óleo residual	13,62
Óleo tratado Mesh 270 (0,5%)	Zero
Óleo tratado Mesh 270 (1,5%)	Zero
Óleo tratado Mesh 48 (0,5%)	Zero
Óleo tratado Mesh 48 (1,5%)	Zero

Fonte: Autor (2020)

Conforme Silva (2011), a acidez de um óleo não pode ser entendida como uma constante, pois ela se origina da hidrólise parcial dos triglicerídeos e, por este fato, está associada ao grau de degradação da matéria-prima. A acidez pode revelar parcialmente o estado de conservação dos óleos e gorduras, pois quanto maior o número de frituras maior a hidrólise do óleo, com consequente aumento no conteúdo de ácidos graxos. O ideal é que o óleo esteja com índice de acidez menor que 2 mgKOH/g, para que se tenha um bom rendimento reacional na obtenção de biodiesel e também para evitar problemas nos motores a diesel.

De acordo com os valores apresentados na Tabela 4, pode-se afirmar que a fibra de coco apresentou um ótimo desempenho na neutralização dos ácidos graxos livres presentes na amostra do óleo de fritura, reduzindo o valor a zero em todas as concentrações testadas.

4.4. pH

A Tabela 5 apresenta os resultados experimentais de pH óleo residual de fritura e o óleo tratado com fibra que foram obtidos durante essa pesquisa.

Tabela 5 - pH das amostras

Amostra	pH
Óleo residual	4,5
Óleo tratado Mesh 270 (0,5%)	10,3
Óleo tratado Mesh 270 (1,5%)	9,7
Óleo tratado Mesh 48 (0,5%)	10,4
Óleo tratado Mesh 48 (1,5%)	9,4

Fonte: Autor (2020)

Os processos de adsorção podem ser influenciados pelo pH do meio, pois os grupos funcionais presentes na superfície do material adsorvente e, também, a forma em que o composto se encontra na solução (forma neutra ou ionizada, por exemplo) poderão ser afetados pelo pH. Variações no pH afetam o processo de adsorção em função de hidroxilação, dissociação ácido-base, entre outros na superfície do adsorvente (VIEIRA et al., 2009).

Segundo Pinheiro (2015), o mesocarpo do coco apresenta ótimos resultados de adsorção no meio ácido, devido ao seu ponto isoelétrico ser próximo ao pH 3. Além disso, de acordo com Monteiro (2006), o pH mais baixo facilita a quebra de emulsão oleosa. Essa combinação de fatores sugere que quanto menor o pH do meio, mais forte é a ligação do óleo no adsorvente.

Diante disso, pode-se concluir que o meio ácido do óleo residual de fritura com o pH em torno de 4, possibilitou uma maior adsorção da fibra de coco, por ser um meio onde as fibras conseguem ter maior interação com o meio.

5. CONCLUSÃO

A fibra de coco verde, descartada após consumo da parte comestível, apresentou propriedades importantes no tratamento do óleo residual para a produção do biodiesel, diminuindo o teor de umidade comprovado por análise laboratorial da densidade da matéria além da redução no índice de acidez do óleo residual, fator importante para a economia no produto levando em conta a diminuição de gastos na produção.

A análise dos resultados obtidos permite concluir que as fibras de coco possuem alta capacidade de adsorção.

Embora não exista especificação oficial para a produção de biodiesel a partir de óleos de plantas, relata-se que altas taxas de acidez podem reduzir o rendimento da reação. Em relação ao teor de acidez, o óleo tratado não apresentou valores positivos para a presença de ácidos graxos livres, em nenhuma das concentrações testadas e também em nenhuma peneiras escolhidas, o que significa que a fibra de coco desempenhou um papel fundamental no processo de pré tratamento para a produção de biodiesel.

A fibra de coco juntamente com o processo de filtração, retiraram boa parte dos resíduos (impurezas) que conferiam cor, odor e provocavam certa instabilidade no óleo, tornando-o possivelmente adequado para passar para um tratamento posterior (reação de transesterificação) ou pirólise para ser usado como biodiesel.

Em relação ao pH a literatura não define patamar específico que seja adequado para óleo tratado para a produção de biodiesel, tem-se que um pH deve ser próximo ao neutro quando o processo de obtenção do biodiesel for por transesterificação, devido a quanto mais próximo do neutro for o óleo menor também será o seu índice de acidez.

Como sugestão de futuros estudos, pode-se verificar a influência da porcentagem mássica de adsorvente testando mais concentrações de adsorvente e também outras granulometrias além da peneira Mesh 48 e 270. Outra variável que pode ser observada também em futuros estudos é o tempo de contato entre o adsorvente e o óleo residual, no caso deste estudo foi observado apenas o tempo de contato de 20 minutos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. Estratégia de Agregação de Valor na Cadeia Produtiva da Soja. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/oleaginosas-e-biodiesel/2018/33a-ro/abiove.pdf>>. Acesso em: 28/01/2020.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10.004/1987**. 1987.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel>. Acesso em: 20/01/2020.

BARROS, A. A. C.; WUST, E.; MEIER, H. F. Estudo da viabilidade técnico científica da produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 255–262, 2008.

BOTELHO, C. A. V. DE A. **Viabilidade técnica e aspectos ambientais do biodiesel etílico de óleos residuais de fritura**, 2012.

BRANDÃO, P. C. **Avaliação do uso do bagaço de cana como adsorvente para a remoção de contaminantes, derivados do petróleo, de efluentes da Universidade Federal de Uberlândia**, 2006.

BRUNELLI, R. R. **Estudo de viabilidade operacional e desempenho de motores de combustão interna operando com combustível biodiesel em ao combustível diesel automotivo**, 2009.

CASTELLANELLI, C. A. **Estudo da viabilidade de produção do biodiesel, obtido através do óleo de fritura usado, na cidade de Santa Maria–RS**, 2008.

CASTRO, B. C. S. DE. **Otimização das condições da reação de transesterificação e caracterização dos rejeitos dos óleos de fritura e de peixe para obtenção de Biodiesel**, 2009.

CHRISTOFF, P. **Produção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura comercial. estudo de caso: Guaratuba, litoral paranaense**, 2006.

CNT– Confederação Nacional dos Transportes. **Os impactos da má qualidade do óleo diesel brasileiro**, 2012.

COSTA FILHO, E. H. **Estudo da produção enzimática de biodiesel utilizando óleo residual e etanol**, 2008.

CRINI, G. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review. **Biore-source Technology**, v. 97, n. 9, p. 1061–1085, 2006.

ENCINAR, J. M.; SÁNCHEZ, N.; MARTÍNEZ, G.; GARCÍA, L. Study of biodiesel production from animal fats with high free fatty acid content. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 23, p. 10907–10914, 2011.

FERNANDES, R. K. M.; PINTO, J. M. B.; MEDEIROS, O. M. DE; PEREIRA, C. DE A. **Biodiesel a Partir De Óleo Residual De Fritura: Alternativa Energética E Desenvolvimento Socioambiental**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, p. 10, 2008.

GUABIROBA, R. C. D. S.; D'AGOSTO, M. D. A. O Impacto Do Custo De Coleta Do Óleo Residual De Fritura Disperso Em Áreas Urbanas No Custo Total De Produção De Biodiesel – Estudo De Caso. **Transportes**, v. 19, n. 1, p. 59, 2011.

JANAUN, J.; ELLIS, N. Perspectives on biodiesel as a sustainable fuel. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 4, p. 1312–1320, 2010.

KOHLHEPP, G. Análise da Situação da Produção de Etanol e Biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 223–253, 2010.

KUCEK, K. T. **Otimização da transesterificação etílica do óleo de soja em meio alcalino**, 2004.

LACERDA, L. **Logística Reversa: Uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais**, 2009.

LIMA, P. C. R. **O biodiesel e a inclusão social**, 2004.

MENDONÇA, M. A.; BORGIO, L. A.; ARAÚJO, W. M. C.; NOVAES, M. R. C. G. Alterações físico-químicas em óleos de soja submetidos ao processo de fritura em unidades de produção de refeição no distrito federal. **Ciências Saúde**, v. 19, n. 2, p. 115–122, 2008.

MONTEIRO, M. I. **Tratamento de Efluentes Oleosos Provenientes da Indústria Metal-Mecânica e Seu Reuso**. Tese Apresentada à Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. Lorena/SP: 2006.

NETO, P. R. C.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleos de soja usado em frituras. **Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 531–537, 2000.

OLIVEIRA, L. B. **Potencial de aproveitamento energético de lixo e de biodiesel de insumos residuais no Brasil**, 2004.

OSAKI, M.; BATALHA, M. O. Biodiesel and vegetable oil production in Brazil: reality and challenge 227. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 2, p. 227–242, 2011.

PEDROZA, M. M.; GOMES, M. C. F. DE A.; PAZ, E. C. DA S.; et al. Aproveitamento Energético De Resíduos Sólidos Urbanos Em Processo De Pirólise. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 6, n. 2, 2017.

PINHEIRO, A. D. T., BRÍGIDA, A. I. S., GONÇALVES L. R. B. **Influência do pH no processo de imobilização de lipase em fibra da casca de coco verde**. VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica; fev. de 2015.

RAMOS, L. P. Sobre a Definição Técnica do Biodiesel. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/noticias/colunistas/ramos/definicao-tecnica-biodiesel>>. Acesso em: 20/01/2020.

SHARMA, Y. C.; SINGH, B.; UPADHYAY, S. N. Advancements in development and characterization of biodiesel: A review. **Fuel**, v. 87, n. 12, p. 2355–2373, 2008.

SILVA, T. A. R. DA. **Biodiesel De Óleo Residual: Produção através da transesterificação por metanolise e etanolise básica, caracterização físico-química e otimização das condições reacionais**, 2011.

DA SILVA, T. A. R.; NETO, W. B. Study of reduction the acidity from residual oil for biodiesel production using fractional factorial design. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 5, p. 828–839, 2013.

SOUSA, D.; OLIVEIRA, G.; MENDONÇA, H.; CRUZ, P. Logística reversa e sustentabilidade. **Journal of Innovation, Projects and Technologies**, v. 4, n. 1, p. 129–137, 2016.

UBRABIO – União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene. Mistura mínima de biodiesel no diesel comercializado sobe para 12% em março. Disponível em: <<https://ubrabio.com.br/2020/01/08/mistura-minima-de-biodiesel-no-diesel-comercializado-sobe-para-12-em-marco>>. Acesso em: 20/01/2020.

VIEIRA, A. P.; SANTANA, S. A. A.; BEZERRA, C. W. B.; SILVA, H. A. S.; CHAVES, J. A. P.; MELO, J. C. P. de; SILVA FILHO, E. C. da; AIROLDI, C. Kinetics and thermodynamics of textile dye adsorption from aqueous solutions using babassu coconut mesocarp. **Journal of Hazardous Materials**, vol. 166, p. 1272 – 1278, 2009.