

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

JÉSSICA REGINA DE OLIVEIRA ROSSI GONÇALVES

**PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM ÓLEO DE FRITURAS, ATRÁVES DO
PROCESSO DE TRANSESTERIFICAÇÃO E PURIFICAÇÃO DA GLICERINA A
PARTIR DOS MÉTODOS DE DESTILAÇÃO E CENTRIFUGAÇÃO**

Botucatu-SP
Junho - 2017

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

JÉSSICA REGINA DE OLIVEIRA ROSSI GONÇALVES

**PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM ÓLEO DE FRITURAS, ATRÁVES DO
PROCESSO DE TRANSESTERIFICAÇÃO E PURIFICAÇÃO DA GLICERINA A
PARTIR DOS MÉTODOS DE DESTILAÇÃO E CENTRIFUGAÇÃO**

Prof. Dr. Ivan Fernandes de Souza

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
FATEC - Faculdade de Tecnologia de
Botucatu, para obtenção do título de Tecnólogo
no Curso Superior de Produção Industrial.

Botucatu-SP
Junho - 2017

“Que vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível. ”

Charles Chaplin

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pelo dom mais precioso que poderia me conceder, a vida, por sempre abençoar meus passos com sabedoria e prosperidade.

Agradeço ao meu Esposo Marcos Roberto Gonçalves pelo amor, apoio e toda compreensão!

Agradeço as minhas amigas Christiane de Albuquerque, Géssica Regina Meneghim e Carina Cordeiro pelo companheirismo desde o início dessa caminhada e que sempre nos apoiando conseguimos chegar até aqui.

Agradeço ao Professor e Coordenador do Curso de Tecnologia em Produção Industrial, Adolfo Alexandre Vernini pelo apoio em todas as dúvidas e necessidades que tive.

Agradeço a Professora Vivian Toledo Santos Gambarato pela aula que mudou minha vida e me fez enxergar que eu poderia ser alguém melhor.

Em especial ao meu orientador, Professor Ivan Fernandes de Souza, pela colaboração, paciência e incentivo para concretização deste trabalho.

A Faculdade de Tecnologia de Botucatu – FATEC pela possibilidade de adquirir conhecimentos e evoluir enquanto cidadã, profissional e acadêmica.

A todos que confiaram na minha capacidade e mantiveram minha motivação durante o curso, o meu mais sincero, obrigada!

RESUMO

Sustentabilidade se tornou a palavra-chave nos tempos atuais que se vivencia e procurar formas de manter as necessidades impactando minimamente o meio ambiente é fundamental para a continuação existência da humanidade. Pensando nisso, esse trabalho vem apresentar um estudo sobre o reaproveitamento de óleo saturado para a produção de biodiesel através do processo de transesterificação, sendo que esse processo gera como subproduto a glicerina bruta, dotada de impurezas que a tornam inutilizável, porém se passar por um processo de purificação pode ser utilizada em diversas finalidades. A visão principal desse projeto é demonstrar os recursos obtidos pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu para melhores estudos nessa área e justificar os benefícios da utilização do biocombustível em larga escala. Além do que poderia ser considerado um resíduo do processo, ser transformado em um subproduto e gerar renda através de sua utilização ou venda, provando que o objetivo principal do reaproveitamento é válido diante do que seria descartado irregularmente, gerar energia renovável e fonte de renda financeira. Este trabalho objetivou a obtenção do biodiesel utilizando óleo de frituras, através do processo de transesterificação e a purificação de seu subproduto, a glicerina bruta, por meio de dois métodos comparativos, a destilação ácida e alcalina e a centrifugação ácida. Demonstrando passo-a-passo do processo de transesterificação no reator De Lorenzo, no qual obteve-se uma conversibilidade de 94,54%. Na purificação da glicerina bruta logrou-se um resultado satisfatório com a destilação ácida em uma porcentagem de 74,7% de glicerina purificada. Justificando-se a viabilidade dos estudos apresentados nessa monografia.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiesel. Glicerina. Óleo. Sustentabilidade. Transesterificação.

ABSTRACT

Sustainability has become the key word in current times we experience and find ways to keep our needs minimally impacting the environment is fundamental to the continued existence of mankind. Thinking about it, this work is to present a study on the reutilization of saturated oil for biodiesel production through the transesterification process, being that this process generates as a by-product of the crude glycerin, with impurities that make it unusable, but if going through a process of purification can be used in various purposes. The main vision of this project is to demonstrate the resources obtained by the College of Technology de Botucatu for better studies in this area and justify the benefits from the use of biofuels on a large scale. In addition to what could be considered a waste of the process, be transformed into a by-product and generate income through its use or sale, proving that the main purpose of the reuse is valid before what would be discarded irregularly, generate renewable energy and source of financial income. This study aimed to obtain biodiesel using oil of fried food, through the process of transesterification and the purification of your product, the crude glycerine, by means of two comparative methods, distillation acid and alkaline and acid centrifugation. Demonstrating a step-by-step process of transesterification reactor De Lorenzo, in which it was obtained a convertibility of 94.54%. In the purification of crude glycerine has a satisfactory outcome with the acid distillation in a percentage of 74.7% of glycerin purified. Thus the feasibility of studies presented in this monograph.

KEYWORDS: Biodiesel. Glycerin. Oil. Sustainability. Transesterification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Processo de Transesterificação	9
Figura 2. Gráfico de vantagens do Biodiesel (Puro Misturado) comparado ao Diesel de petróleo.	13
Figura 3. Filtro Prensa, modelo FPE 20/6 AC.....	14
Figura 4. Glicerina Bruta	15
Figura 5. Reator De Lorenzo	19
Figura 6. Diagrama de produção do biodiesel	20
Figura 7. Destilador Simples	21
Figura 8. Centrífuga CENTRI310 e tubos de ensaio com amostras de glicerina.....	21
Figura 9. Resultado da Glicerina centrifugada	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Padrões de Qualidade do Biodiesel	10
Tabela 2. Principais setores industriais de utilização da Glicerina.....	17
Tabela 3. Resultados da produção de biodiesel B6	24
Tabela 4. Cálculo de porcentagens em função das quantidades utilizadas no processo	26
Tabela 5. Resultados comparativos da destilação simples	27
Tabela 6. Resultados em duplicata da centrifugação.....	27
Tabela 7. Determinação de índice de acidez	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP – Agência Nacional do Petróleo

CEIB – Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel

CO₂ – Gás Carbônico

GG – Grupo Gestor

HCl – Ácido Clorídrico

INMETRO – Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério de Minas e Energia

NaOH – Hidróxido de Sódio

PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
1.1 Objetivo	6
1.2 Justificativa	6
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1 A importância dos combustíveis renováveis	7
2.2 Biomassa	8
2.3 Do Biodiesel.....	8
2.3.1 O Biodiesel no Brasil	12
2.3.3 Processo de filtração do Biodiesel	13
2.4 Da Glicerina	14
2.4.1 Da Glicerina Bruta	14
2.4.2 Centrifugação.....	15
2.4.3 Destilação.....	16
2.4.4 Utilização da glicerina purificada	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Material e equipamentos.....	18
3.1.1 Filtração.....	18
3.1.2 Produção de biodiesel.....	18
3.1.3 Da glicerina	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Do Biodiesel.....	23
4.1.1 Processo de Transesterificação passo-a-passo no reator De Lorenzo.....	23
4.1.2 Resultados obtidos	24
4.2 Da glicerina	26
4.2.1 Da destilação simples.....	26
4.2.2 Da centrifugação	27
5 conclusão	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

A produção de biodiesel vem crescendo cada vez mais no cenário brasileiro, devido à grande necessidade de se encontrar formas de combustíveis renováveis, já que o petróleo pode estar com seus dias contados.

E ainda mais, a maior preocupação das organizações atualmente está relacionada com a palavra sustentabilidade, que nada mais é que produzir causando o menor impacto possível para a sociedade e o meio ambiente.

Com dois assuntos tão complexos e importantes surgiu, através de tais necessidades, a produção do biodiesel utilizando o óleo saturado, ou óleo de fritura, que anteriormente era descartado na rede de esgoto das residências e empresas causando a poluição de rios, mortandade de peixes e outros seres vivos desse habitat.

O biodiesel é um combustível biodegradável, produzido a partir de fontes naturais e renováveis, capaz de substituir, diretamente ou em mistura, o diesel derivado de petróleo, na operação de motores ciclo Diesel. A produção desse biocombustível acontece através de um processo denominado transesterificação, que em outras palavras, significa a transformação do óleo, utilizando um catalisador, em diesel e tendo como subproduto a glicerina bruta.

A Faculdade de Tecnologia de Botucatu é dotada de um reator capaz de realizar essa transesterificação e com óleo coletado por doadores e alunos, passa por um processo de filtragem retirando-se os resíduos sólidos para que possa ser destinado ao processo.

Especificando essa monografia, volta-se os esforços em apresentar o processo de biodiesel na Faculdade e uma melhoria no subproduto da transesterificação: a glicerina bruta. Como o próprio nome já diz, bruta significa conter impurezas que a impedem de ser utilizada em outras condições.

A glicerina purificada pode ser utilizada na composição de diversos produtos como, por exemplo, sabão e sabonete líquido, detergente, cosméticos, remédios e até em perfumes.

Para que essa purificação ocorra existem diversos métodos, entre eles a centrifugação e destilação, que serão abordados nessa pesquisa.

1.1 Objetivo

Obtenção do biodiesel e glicerina a partir de óleo de frituras, pelo processo de transesterificação e a purificação da glicerina bruta, a partir dos métodos de centrifugação e destilação, avaliando e comparando os resultados de ambos os métodos.

1.2 Justificativa

Sustentabilidade e alternativas para reciclagem de produtos que se descartados produzem contaminações ao meio ambiente, justifica-se a pesquisa, além da análise do seu subproduto. Em função da disponibilidade de uma planta piloto destinada a produção de Biodiesel e Laboratório de Química em condições de realizar análises, com recursos humanos e técnicos na Faculdade de Tecnologia de Botucatu, justifica-se esta pesquisa em função dos resultados tecnológicos e sociais que produz em função da glicerina bruta não ser utilizada na produção, requerendo uma purificação para seu uso, assim, essa pesquisa tem a importância de apresentar a comparação entre os métodos de centrifugação e destilação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A importância dos combustíveis renováveis

A degradação do meio ambiente é assunto que estampa os jornais e mídias, mobiliza grandes potências mundiais em busca de melhorias para nosso planeta, porém sem impedir que continue progredindo no desenvolvimento social e econômico dos países.

O que estava ocorrendo desde os primórdios da humanidade e com sua evolução é a exploração desregrada dos recursos naturais, da qual deu um salto na Revolução Industrial, quando as empresas começaram a fomentar crescimento econômico sem limites, mas a situação começou a mudar no momento em que os desastres naturais abalaram o mundo e os estudiosos perceberam as mudanças climáticas.

O petróleo, além de ser considerada uma fonte de energia finita, pois para ser produzida leva milhões de anos, quando em forma de combustível, seja a gasolina, diesel ou qualquer outro, possui uma grande quantidade de poluentes e dentre eles os chamados hidrocarbonetos, principal poluente que causa o efeito estufa.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2017) os hidrocarbonetos são precursores para a formação do ozônio troposférico e apresentam potencial causador de efeito estufa (metano).

Para minimizar os danos causados pela poluição do meio ambiente, aumenta-se gradualmente investimentos em produção de biocombustíveis, que nada mais são que combustíveis derivados de recursos renováveis como os vegetais, tais como a cana-de-açúcar do qual se produz o etanol, o girassol, a soja, e gorduras animais, como o biodiesel.

A Biodieselbr (2006) demonstra que o uso do biocombustível proporciona ganho ambiental para todo o mundo, colaborando para diminuir a poluição e o efeito estufa. Por sua constituição química ser composta de carbono neutro, as plantas capturam todo o gás carbônico emitido pela queima do biodiesel e separam o CO₂ em carbono e oxigênio, neutralizando a emissão de gases poluentes no ambiente. Ainda cita que a cada uma tonelada de biodiesel usado corresponde a uma redução de 2,5 toneladas de CO₂ emitidos na atmosfera.

2.2 Biomassa

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2002) qualifica que, do ponto de vista energético, a biomassa é toda matéria orgânica de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada na produção de energia.

A biomassa é considerada uma fonte de energia limpa e renovável e o interesse na sua utilização cresceu muito no mercado de energia, tanto que atualmente é uma boa alternativa para a diversificação da matriz energética mundial, reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis, esse é o motivo pelo qual os setores públicos e privados vêm aumentando seus investimentos e incentivando os países a produzir energia a partir da utilização da biomassa. (CARDOSO, 2012)

2.3 Do Biodiesel

De acordo com Dib (2010) os primórdios do biodiesel aconteceram na criação do motor a diesel, utilizando-se óleos vegetais como combustível, a exemplo do ano de 1900, quando Rudolf Diesel apresentou um motor que utilizava como combustor óleo de amendoim, que na época, foi um pedido do governo francês dotado de colônias tropicais que produziam tal óleo.

Braun, Gorestin e Schmal (2003) salientam que os motores diesel são máquinas básicas para veículos utilizados em aplicações que precisem de elevada potência, como ônibus, caminhões, tratores, máquinas para mineração e dragagem, além das vans.

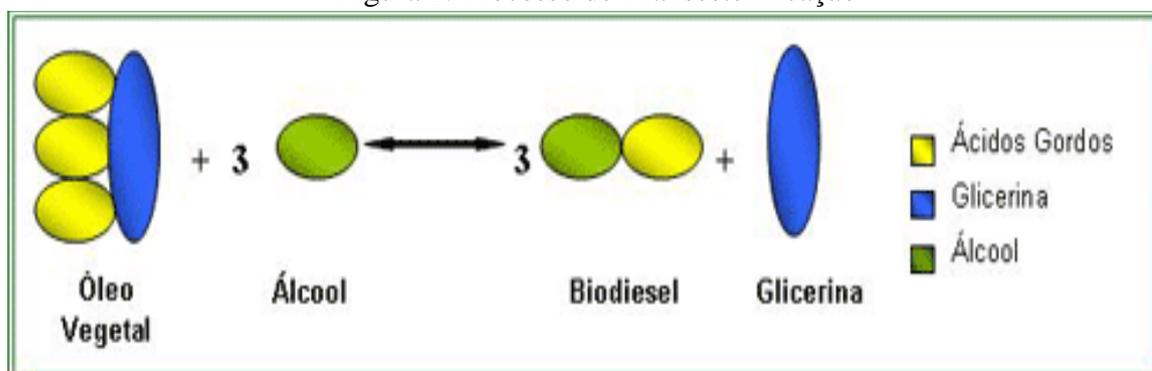
Para que o óleo saturado seja transformado em biodiesel necessita passar por um processo, denominado transesterificação.

Quimicamente, esse processo ocorre devido uma substituição de uma base, o álcool glicerol (glicerina), por outra base, o álcool metanol, na presença de um catalisador (hidróxido

de sódio), transformando uma molécula de triglicerídeo em três moléculas de éster metílico (biodiesel).

Azevedo (2013) ilustra o processo de transesterificação para facilitar o entendimento:

Figura 1. Processo de Transesterificação



Fonte: AZEVEDO, 2013.

Costa Neto e Rossi (2000, p. 533) citam que “para a obtenção de biodiesel, a reação de transesterificação de óleos vegetais com álcoois primários pode ser realizada tanto em meio ácido quanto em meio básico”, porém conclui que em meio básico há um maior rendimento e menor tempo de reação.

O maior motivo para os estudos na produção desse biocombustível está atrelado a dois assuntos, o primeiro gere em torno do petróleo ser um combustível não-renovável e finito, o segundo é relacionado ao termo “sustentabilidade”, são milhões de litros de óleo de fritura descartados nas residências e organizações de forma irregular, resultando na contaminação das águas e solo.

Carvalho e Ribeiro (2012) salientam como vantagens da utilização do biodiesel em relação ao diesel convencional por ser uma fonte de energia renovável, além de sua matéria-prima ter origem de uma grande variedade de oleaginosas. Sua produção e combustão não contribuem para a emissão de CO₂ na atmosfera, possui uma armazenagem segura, é um ótimo lubrificante e pode aumentar a vida útil do motor. Sua produção é mais viável economicamente do que a do petróleo.

Em contrapartida, Carvalho e Ribeiro (2012, p. 52) continuam que as desvantagens são “cristalização em baixas temperaturas, sua viscosidade aumenta bastante; Emissões altas de Óxido de Nitrogênio; Grande quantidade de glicerina obtida na sua produção; Possível desmatamento de florestas para plantação de oleaginosas; Mesmo sendo um biocombustível, ele emite uma pequena quantidade de CO₂ e; Alta no preço dos alimentos”.

No Brasil, de acordo com a ABIOVE (2015) a produção de complexos de soja vem crescendo abundantemente, com uma estimativa para 2015 de aproximadamente 8 milhões de toneladas a mais do que em 2014, de 86,39 milhões de toneladas, dados preocupantes no que se deve a geração de óleo de fritura e o destino que o mesmo receberá.

De acordo com Lôbo et. al. (2009) as análises necessárias para normatização de regularidade do diesel são a partir de metodologias de alguns parâmetros físico-químicos, conforme Tabela 1:

Tabela 1. Padrões de Qualidade do Biodiesel

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	BRASIL ANP 07/2008	UE EM 14214	EUA ASTM D6751
Aspecto	----	Límpido e isento de impureza	----	----
Massa específica*	Kg.m ⁻³	850-900 a 20°C	860-900 a 15°C	----
Viscosidade cinemática a 40 °C*	mm ² .s ⁻¹	3,0 – 6,0	3,5 -5,0	1,9 – 6,0
Água e sedimentos, máx.*	% volume	----	----	0.05
Ponto de fulgor, mín.*	°C	100	120	130
Destilação: 90% vol. Recuperados, máx.*	°C	----	----	360
Resíduo de carbono, máx.*	% massa	Em 100% da amostra 0,050	10% residual da destilação 0,3	Em 100% da amostra 0,05
Cinzas sulfatadas, máx.*	% massa	0,020	0,02	----
Enxofre total, máx.*	mg.kg ⁻¹	50	10	15

Corrosividade ao cobre, 3h a 50°C.*	----	1	1	3
Número de cetanos*	----	----	51 (mín.)	47 (mín.)
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.*	°C	19	Por região	----
Ponto de fluidez (pour point – PP)*	°C	----	Por região	----
Ponto de nuvem (cloud point – CP)*	°C	----	----	----
Sódio + Potássio, máx.	mg.kg ⁻¹	5	5	----
Cálcio + Magnésio, máx.	mg.kg ⁻¹	5	5	----
Fósforo, máx.	mg.kg ⁻¹	10	10	10
Teor de éster, min.	% massa	96,5	96,5	----
Índice de acidez, máx.	mg KOH.g ⁻¹	0,50	0,5	0,5
Glicerina livre, máx.	% massa	0,02	0,02	0,02
Monoglicérides	% massa	----	0,8 (máx.)	----
Diglicérides	% massa	----	0,2 (máx.)	----
Triglicérides	% massa	----	0,2 (máx.)	----
“Continua...”				

“...continuação”

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	BRASIL ANP 07/2008	UE EM 14214	EUA ASTM D6751
Metanol ou Etanol, máx.	% massa	0,20	0,20	----
Índice de iodo	gI ₂ .100g ⁻¹	----	120 (máx.)	----
Estabilidade à oxidação a 110°C, mín.	h	6	6	----
Água, máx.	mg.kg ⁻¹	500	500	500
Ácido linolênico	% massa	----	12 (máx.)	----
Metil ésteres com mais que 4 insaturações	% massa	----	1 (máx.)	----

*Parâmetros típicos da normatização do diesel mineral. Fonte: Adaptado de Lôbo et.al, 2009.

2.3.1 O Biodiesel no Brasil

O primeiro sinal de utilização do biodiesel no Brasil ocorreu em 2004, com sua adição ao diesel fóssil, em caráter experimental, só entre 2005 e 2007 a comercialização passou a ser voluntária no teor de concentração de 2%. (ANP, 2016)

Ainda, de acordo com a ANP (2016) a criação de uma política voltada para o biodiesel no Brasil iniciou-se em 2003, com a criação da Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel (CEIB) e do Grupo Gestor (GG) pelo governo federal. Já no ano seguinte lançou-se o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), com a finalidade de definir o biodiesel como parte da matriz energética brasileira.

O MME (2011) afirma que o biodiesel é vendido misturado ao diesel de petróleo em mais de 30 mil postos de abastecimento espalhados pelo país. Com relação à produção desse tipo de biocombustível, saltou de 69 milhões de litros em 2006 para 2,7 bilhões de litros em

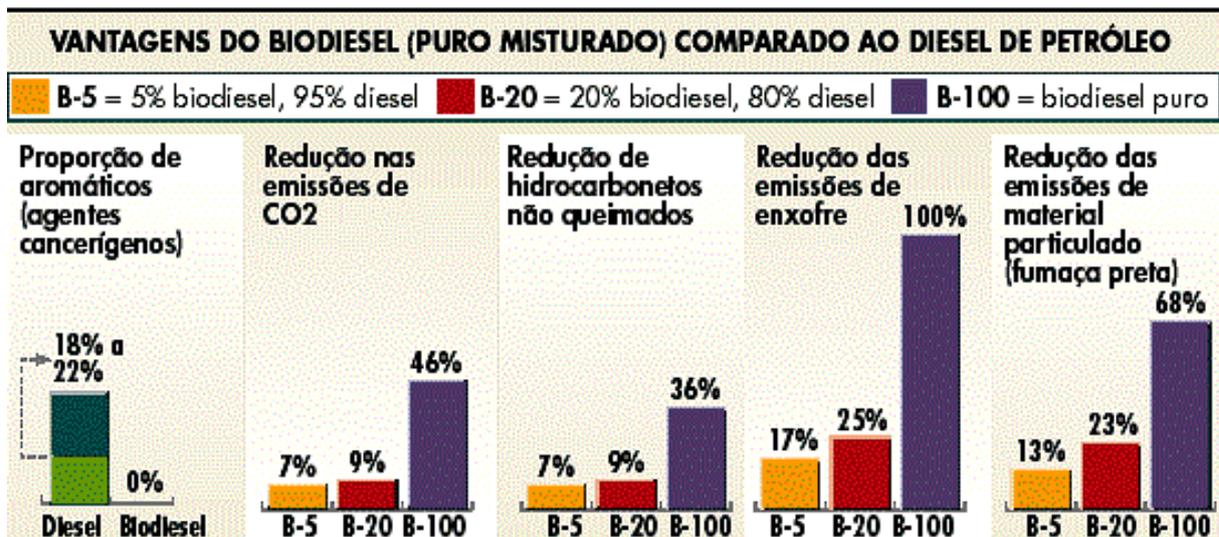
2011. Esse resultado credenciou o Brasil como um dos maiores no mercado mundial de biodiesel, juntamente com a Alemanha e os Estados Unidos, que produzem e consomem este combustível renovável há muito mais tempo. Outros importantes mercados são a França, a Espanha, a Itália e a Argentina.

2.3.2 Vantagens e desvantagens do Biodiesel

O Biodiesel tem como vantagens ser uma fonte de energia renovável, sua combustão não contribui para emissão de gás carbônico, tem um elevado ponto de fulgor de 150°C, é um excelente lubrificante, assim aumentando a vida útil dos motores, seu processo de produção é mais viável economicamente que a do petróleo, além de ser produzido com o uso de diversos tipos de oleaginosas, sendo as mais usuais a soja, o girassol, dendê, amendoim, mamona e pinhão manso. (RIBEIRO et al., 2015)

Azevedo (2013) apresenta um gráfico onde compara-se os benefícios do biodiesel em relação ao diesel fóssil:

Figura 2. Gráfico de vantagens do Biodiesel (Puro Misturado) comparado ao Diesel de petróleo.



Fonte: AZEVEDO, 2013.

2.3.3 Processo de filtração do Biodiesel

Para que o óleo saturado passe pelo processo de transesterificação previamente ele é filtrado para retirada dos resíduos sólidos, tendo como objetivo principal obter-se uma previa purificação do óleo para facilitar o processo de transesterificação do biodiesel.

Esse processo trata-se de uma separação mecânica do sólido suspenso e o líquido existente, no caso o óleo, com o auxílio de um material poroso, sendo que suspensão denomina-se o material a ser filtrado, separando-se o líquido que passa pelo meio filtrante, seja de areia, tecido, etc., é chamado de filtrado e o material sólido remanescente resíduo ou torta. (QUEIROZ E VALENZUELA, 1999)

Figura 3. Filtro Prensa, modelo FPE 20/6 AC, da marca ECIRTEC



Fonte: ECIRTEC, 2016.

2.4 Da Glicerina

O glicerol, nomenclatura utilizada pela química, foi descoberto em 1779 pelo químico farmacêutico Carl Wilhelm Scheele, quando o mesmo aqueceu uma mistura de óxido de chumbo com azeite de oliva, denominando o experimento de “o doce princípio das gorduras”. (MOTA, SILVA E GONÇALVES, 2009)

Mota, Silva e Gonçalves (2009) continuam que “o glicerol ocorre naturalmente em formas combinadas, como nos triglicerídeos, em todos os óleos graxos animais e vegetais, sendo isolado quando estes óleos são saponificados com hidróxido de sódio ou potássio, no processo de manufatura de sabões.”

De acordo com Ferreira (2009) o glicerol, depois de sair de seu processo produtivo é como um líquido oleoso, incolor, viscoso e de sabor doce, inodoro, higroscópico e apresenta risco de explosão, quando em contato com agentes oxidantes, solúvel em água e álcool, e insolúvel em hidrocarbonetos, é pouco solúvel em éter, acetato de etila e dioxano.

2.4.1 Da Glicerina Bruta

A produção de biodiesel resulta como subproduto a glicerina bruta, que contém impurezas tornando-a inutilizável se não purificada.

Marques e. al. (2011, p. 71) explica que “altas concentrações de glicerol no biodiesel provocam problemas de armazenamento, pois quando o biodiesel é misturado com o diesel de petróleo, observa-se a separação do glicerol nos tanques de estocagem. ”

A composição dos resíduos é composta das impurezas contidas na glicerina, originada de ácidos graxos produzidos por processos de decomposição do óleo neutro. Alguns ácidos graxos voláteis se associam com bases utilizadas na transesterificação, formando sais solúveis que diminuem a qualidade da glicerina bruta (LOPES et. al., 2014)

Para que essa purificação ocorra existem diversos métodos, dentre eles a centrifugação e destilação, que serão abordados nessa pesquisa.

Figura 4. Glicerina Bruta



Fonte: MF RURAL, 2016.

2.4.2 Centrifugação

Bastos e Afonso (2015) salientam que o processo de centrifugação é a separação de misturas heterogêneas usando a força centrífuga, que é exercida sobre a mistura sendo aumentada fortemente, acelerando o processo de decantação.

No processo de purificação da glicerina, Medeiros (2014) apresenta que a centrifugação é realizada com a adição de água acidificada, facilitando a separação das fases, pois forma-se uma camada aquosa e aumenta a conglomeração da glicerina.

2.4.3 Destilação

Para definir o processo de destilação Gouvêa (1999) afirma que:

Destilação é um processo de separação que consiste na ebulição preferencial dos componentes voláteis de uma mistura, separando-a em dois ou mais produtos de diferentes pontos de ebulição. Assim, quando uma mistura líquida composta de duas ou mais substâncias voláteis é aquecida até o ponto de ebulição, o vapor produzido se enriquece gradativamente com o componente mais volátil, enquanto que o líquido tem sua concentração em relação ao componente menos volátil aumentada. Uma coluna de destilação é o equipamento destinado a promover o íntimo contato entre essas duas fases, ao longo de estágios ou recheios, permitindo a separação.

De acordo com Oppe (2008, p. 35) “esse processo é usado para separar substâncias de alto ponto de ebulição e alto calor sensível, solúveis tanto na água quanto na glicerina.”

Teixeira (2003) apresenta que os tipos de destilação são: a destilação de equilíbrio, da qual o líquido é levado a uma temperatura intermediária entre o início e o fim da ebulição, assim a fase de vapor formada alcança o equilíbrio com a fase líquida àquela temperatura; a destilação diferencial ou aberta onde aquece-se uma mistura líquida até seu ponto de ebulição e retirando-se os vapores produzidos; a destilação multicomponente que usa relações de equilíbrio balanço de massa e de entalpia.

2.4.4 Utilização da glicerina purificada

Após passar pelo processo de purificação a glicerina passa a ser denominada comercialmente como “glicerina loira” tendo sua utilização em diversas finalidades, como na composição de sabão, detergente, cosméticos, fármacos e até perfumes.

Mendes e Serra (2012, p. 03) completam que:

É utilizada na indústria farmacêutica na composição de cápsulas, supositórios, anestésicos, xaropes, antibióticos e antissépticos. É aplicada como emoliente e umectante em cremes dentais, hidratantes para a pele, loções pós-barba, desodorantes, batons e maquiagens. Amacia e aumenta a flexibilidade das fibras têxteis. É empregada no processamento de tabaco, na composição dos filtros de cigarro e como veículo de aromas. É utilizada também, como lubrificantes de máquinas processadoras de alimentos, na fabricação de tintas e resinas, na fabricação de dinamites, etc.

É visível a diversidade de utilizações que a glicerina obtém através da sua purificação, isso justifica a importância de um procedimento adequado e viável para esse objetivo.

Segue a tabela 1 com os principais setores industriais que utilizam a glicerina como componente de fabricação para seus produtos:

Tabela 2. Principais setores industriais de utilização da Glicerina

Setores	(%)
Ésteres	13
Poliglicerina	12
Tabaco	3
Filmes de celulose	5
Alimentos e bebidas	8
Resinas alquídicas	6
Cosméticos, Saboaria e Fármacos	28
Revenda	14
Outros	10
Papeis	1

Fonte: Adaptado de MOTA et. al., 2009.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material e equipamentos

Os equipamentos, métodos e materiais utilizados nesse trabalho, foram realizados no Laboratório de Biodiesel da Faculdade de Tecnologia de Botucatu.

3.1.1 Filtração

A partir da coleta de óleo de frituras, doados por alunos, foi realizada a filtração em um Filtro Prensa, modelo FPE 20/6 AC, da marca ECIRTEC®, com estrutura de sustentação parcialmente construída em aço inoxidável, com bica recolhadora de óleo filtrado e bandeja coletora de finos. O conjunto de filtração é formado por 6 placas e 7 quadros em alumínio fundido, sistema de alimentação formado por bomba de engrenagens diretamente acoplada a um motor elétrico 0,33 CV, com capacidade nominal de filtração de 10 a 90 L.h⁻¹.

3.1.2 Produção de biodiesel

O equipamento utilizado para a produção do biodiesel trata-se do Reator De Lorenzo do Brasil, um modelo italiano desenvolvido com a finalidade de apresentar o processo de fabricação do biodiesel, como sua finalidade e propriedades físico-químicas. Criada para o estudo da possibilidade de meios alternativos de abastecimento que não agridam o meio ambiente e com uma visão futura do biocombustível ser usado em larga escala. (DE LORENZO, 2014, p. 3)

Abaixo segue o reator De Lorenzo na figura 5:

Figura 5. Reator De Lorenzo



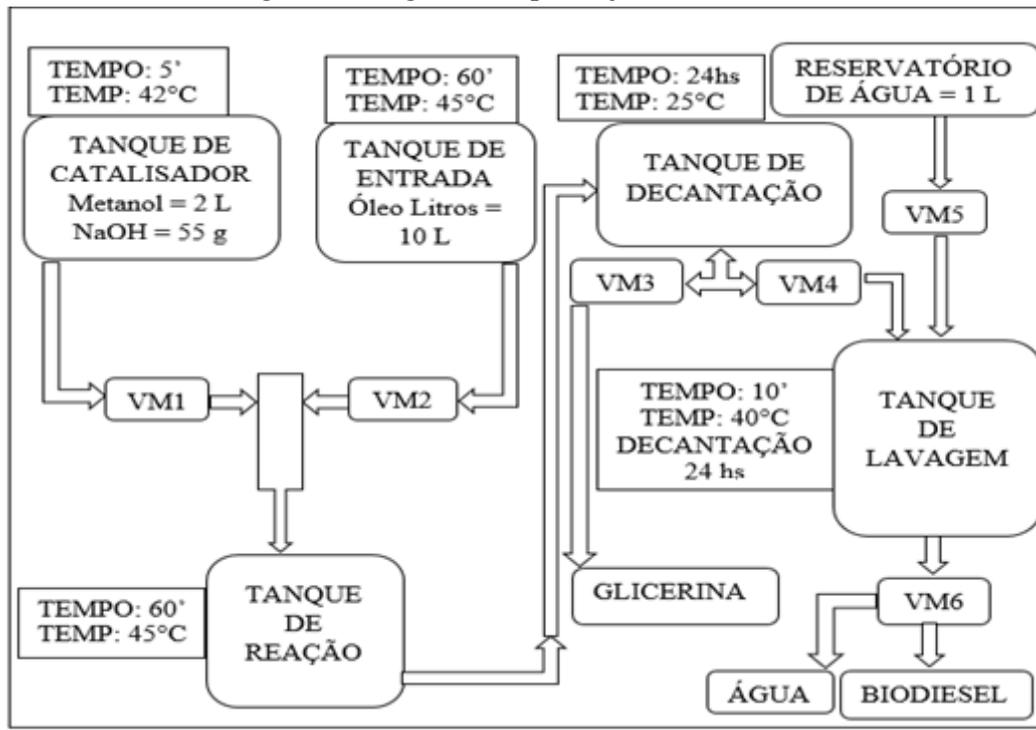
Na figura anterior tem-se que as siglas T.C, T.E, T.R, T.D, C.A e T.L são tanque catalizador, tanque de entrada, tanque de reação, tanque de decantação, caixa de água e tanque de lavagem, respectivamente.

Essa planta é dotada de um sistema semiautomático, com capacidade de processamento de 30 L por batelada, capaz de adequar-se de acordo com a necessidade de cada passo do processo pré-definido para a produção. Para o processo de transesterificação, foram utilizados 10 litros de óleo de soja saturado previamente filtrados.

Para a preparação do catalisador foi pesado 55g de Hidróxido de Sódio (NaOH) e dissolvido em 2 litros de Álcool Metílico, também denominado Metanol, sendo seguidos todas as exigências de segurança para dissolução, assim originando o Metilato de Sódio.

Segue na figura 6 o diagrama do processo de transesterificação:

Figura 6. Diagrama de produção do biodiesel



Fonte: Autores.

3.1.3 Da glicerina

Para realização das pesquisas foram utilizados dados técnicos, os métodos de destilação simples e centrifugação.

Montou-se o destilador de acordo com as especificações necessárias para garantia dos resultados. Vedação das junções, temperatura controlada, condensador ativo foram itens criteriosos observados durante as destilações.

Segue na figura 7 o destilador montado no Laboratório da Faculdade:

Figura 7. Destilador Simples



Para a destilação comparativa serão preparadas duas soluções para teste, uma alcalina utilizando Hidróxido de Sódio (NaOH) 0,5M e uma ácida com Ácido Clorídrico (HCl) 0,5M. A unidade de medida padrão usada foi mililitros (ml).

A centrífuga utilizada será a CENTRI310 para 8 tubos com rotação máxima de 3500 rpm. Depois de vários testes, chegou-se a conclusão que é necessária uma concentração de 5M do Ácido Clorídrico (HCl) e uma medida de 50% para obter-se resultados na centrifugação.

Na figura 8 observa-se a centrífuga existente no Laboratório Químico da Faculdade de Tecnologia de Botucatu:

Figura 8. Centrífuga CENTRI310 e tubos de ensaio com amostras de glicerina



De acordo com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO, 2011) foram seguidos todos os princípios de BPL's (Boas Práticas de Laboratórios) para segurança das análises.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Do Biodiesel

4.1.1 Processo de Transesterificação passo-a-passo no reator De Lorenzo

No Tanque de Entrada (T.E) foram adicionados 10 litros de óleo saturado filtrado e no Tanque de Catalisador (T.C) a solução de Metilato de Sódio, seguindo os seguintes procedimentos:

- 1 – Verificar se todas as válvulas manuais estão fechadas;
- 2 – Adicionar o óleo no tanque de entrada (T.E) respeitando a posição da tampa e travar com os parafusos;
- 3 – Abrir o tanque do catalisador (T.C) a solução de Metilato de Sódio respeitando a posição da tampa e travar com os parafusos;
- 4 – Ligar a chave geral, ajustar temperaturas e tempos. Setup do equipamento: Inserir nas próximas telas os parâmetros do processo.
- 5 – Tanque de Entrada (T.E) ou Pré-aquecimento, temperatura e tempo para a retirada da umidade do óleo;
- 6 – Esfriamento do óleo (Esfriar até 45° C);
- 7 – Mistura Catalisador, nesse ponto o processo será parado para o operador abrir a válvula VM2 do óleo e depois a VM1 do catalisador e depois do tempo suficiente para escoamento de ambos, fechar as válvulas, apertar liga para continuar o processo. Obs.: NUNCA abria a válvula VM1 primeiro, por questão de segurança;
- 8 – Tanque de reação (Tela: aguarde bombeamento);

9 – Tanque de decantação, tempo de aproximadamente 24 horas para decantação completa. Se tempo longo desligar a chave geral, depois religar e sair do modo pause para iniciar do ponto que parou. No processo parado, o operador abre a válvula VM3 para a retirada da glicerina, depois fechá-la. Abrir a válvula VM4 para que o biodiesel seja direcionado ao tanque de lavagem. Quando o biodiesel estiver transferido pelo todo ao tanque abrir a válvula de água e apertar “LIGA” no painel;

10 – Tanque de lavagem do biodiesel;

11 – Retirada da umidade do biodiesel;

12 – Tanque de lavagem, nesse ponto o processo é parado para abrir a válvula MV5, retirando a água suja de lavagem, quando o biodiesel aparecer no visor fechar a válvula. Se necessária nova lavagem abastecer o tanque de água e abrir a “válvula de água”;

13 – Retirada da umidade do biodiesel;

14 – Esfriamento para terminar o processo, abrir a válvula MV5 para retirar o biodiesel;

15 – Aperte “LIGA” para iniciar o processo.

4.1.2 Resultados obtidos

Alguns lotes de produção de biodiesel por meio do uso de óleo saturado já vêm ocorrendo no laboratório da Fatec de Botucatu, o lote do qual os resultados são apresentados, lote de biodiesel B6, foi realizada no dia 03 de novembro de 2016 seguindo a metodologia apresentada nesse trabalho, de acordo com a Tabela 3:

Tabela 3. Resultados da produção de biodiesel B6

	Volume abastecido (ml)	Volume obtido (ml)
Óleo	10.000,00	
Biodiesel		10.230,00
Álcool Metílico (catalisador)	2.000,00	
Glicerina		1.114,20
Total	12.000,00	11.344,20

Por intermédio do cálculo de conversão de volume para peso é possível concluir que a produção do biodiesel gerou 1.405,00 gramas de glicerina bruta.

Avaliando o rendimento entre o abastecimento e resultado obtido é visualizável uma perda de 655,80 ml, o que reflete em uma conversibilidade de 94,54%, ou seja, 5,46% de perdas.

Através de observações durante o processo de produção essas perdas ocorreram devido a alguns fatores como vazamentos no sistema, álcool metílico em excesso, taxas de evaporação e durante as transferências dos recipientes para quantificar os pesos e volumes.

Em motivo de comparação, Ferrari (2004) conclui em sua pesquisa um rendimento de conversão de 97,5% com o processo de transesterificação de óleo neutro de soja, sendo uma porcentagem de perdas de 10% que, passando por um processo de recuperação de etanol e comercialização da glicerina gerada, tornou o processo visivelmente viável.

Atualmente a Faculdade de Tecnologia de Botucatu tem um convênio com a empresa Rodovias do Tietê da qual doa sua produção mensal de 120 litros de biodiesel B-10 para utilizar nos caminhões de resgate.

4.1.3 Cálculo de rendimento do biodiesel e subprodutos

De acordo com o documento desenvolvido por Souza (2014), o cálculo de rendimento do biodiesel e subproduto, que tem como princípio o cálculo das porcentagens de biodiesel obtido, glicerina e misturas heterogêneas em função das quantidades de óleo e álcool utilizadas no processo segue, respectivamente, os procedimentos:

- Medir o volume obtido de Glicerina na Decantação;
- Coletar em um recipiente a fase entre a Glicerina e o Biodiesel, deixar decantar a parte, para posterior separação;
- Medir o volume de água de lavagem após a primeira lavagem (verificar se o que entrou foi o que saiu e descartar);
- Coletar em um recipiente a fase entre a Água e o Biodiesel, deixar decantar a parte, para posterior separação;
- Medir o volume de água de lavagem após a segunda lavagem se houver (verificar se o que entrou foi o que saiu e descartar);
- Coletar em um recipiente a fase entre a Água e o Biodiesel da segunda lavagem, deixar decantar a parte, para posterior separação;
- Medir o volume do biodiesel lavado obtido no final do processo;

- Considerar o volume de mistura heterogênea todos os volumes obtidos, exceto o de Glicerina, Biodiesel e as frações provenientes dos decantados a parte.

Cálculo das porcentagens:

$$\% \text{ de Biodiesel} = \frac{A.100}{D}, \quad \% \text{ de Glicerina} = \frac{B.100}{D}, \quad \% \text{ de Misturas Heterogêneas} = \frac{C.100}{D}$$

Onde:

A = litros de Biodiesel obtido

B = litros de Glicerina obtida

C = litros de Misturas Heterogêneas obtidas

D = total de litros utilizados no processo

Na tabela a seguir se tem o cálculo de porcentagens em função das quantidades utilizadas no processo. Segue a tabela 4:

Tabela 4. Cálculo de porcentagens em função das quantidades utilizadas no processo

COMPONENTES	LITROS OBTIDOS	PORCENTAGEM
Biodiesel	A = litros	% de A
Glicerina	B = litros	% de B
Misturas Heterogêneas	C = litros	% de C
Total	D = litros total	100% de D

utilizados no processo

Fonte: SOUZA, 2014.

4.2 Da glicerina

4.2.1 Da destilação simples

Foram realizadas, como forma comparativa, dois tipos de destilação simples com diferentes soluções, a primeira alcalinizada com Hidróxido de Sódio 0,5M e a segunda acidificada com Ácido Clorídrico 0,5M.

Com efeito de apresentar a viabilidade da destilação de maior eficiência, segue a tabela 5:

Tabela 5. Resultados comparativos da destilação simples

	Hidróxido de sódio 0,5M		Ácido Clorídrico 0,5M	
	Inicial (ml)	Final (ml)	Inicial (ml)	Final (ml)
Glicerina	100	50	100	30
Solução	50		50	
Resíduo		97		112
Perda		3		8
Total	150	150	150	

Em termos de porcentagem a destilação alcalina teve uma eficiência de 64,7% na retirada de resíduos, em comparação a ácida de 74,7% de eficiência.

4.2.2 Da centrifugação

Além do método de destilação, conseguiu-se a purificação pelo método de centrifugação à 50% de Ácido Clorídrico 5M, realizadas em duplicata para confirmação dos resultados, conforme a tabela 6.

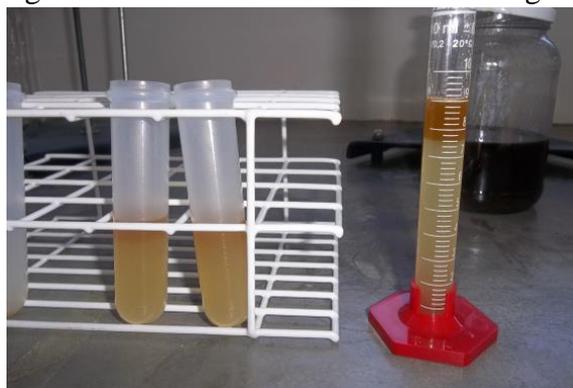
Tabela 6. Resultados em duplicata da centrifugação

	Ácido Clorídrico 5M (Média)		
	Inicial (ml)	Final (ml)	(%)
Glicerina	5		
Solução	5	8,88	88,80
Resíduo		0,75	7,50
Perda		0,37	3,70

Segundo Miner (1953) as perdas acontecem quando a glicerina é armazenada diluída em condições anti-higiênicas e por longo período, assim ocorrem reações de fermentação que diminuem o teor de glicerina.

A composição dos resíduos é composta das impurezas contidas na glicerina, originada de ácidos graxos produzidos por processos de decomposição do óleo neutro. Alguns ácidos graxos voláteis se associam com bases utilizadas na transesterificação, formando sais solúveis que diminuem a qualidade da glicerina bruta (LOPES et. al., 2014).

Figura 9. Resultado da Glicerina centrifugada



A acidez da glicerina bruta é de 0,5 mg KOH.g⁻¹, realizada pela metodologia de Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, conforme a tabela 7.

Tabela 7. Determinação de índice de acidez

Índice de Acidez mg KOH.g ⁻¹	Amostra em gramas	Normalidade
Até 10	10,0	0,1
Acima de 10 até 25	5,0	0,1
Acima de 25 até 50	2,5	0,1
Acima de 50 até 150	1,0	0,1
Acima de 150 até 250	2,0	0,5
Acima de 250 até 500	1,0	0,5

Fonte: INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985.

Essa análise foi realizada com uma quantidade da amostra titulada com hidróxido de potássio, utilizando-se fenolftaleína como indicador. E calculada a partir da fórmula:

$$\text{Índice de acidez (mg KOH / g)} = V \times N \times fc \times 56,11 / m$$

Onde:

V = volume de KOH gasto em ml.

N = normalidade do KOH.

fc = fator de correção do KOH.

m = massa da amostra, em g.

5 CONCLUSÃO

Com o uso do óleo de frituras a produção de biodiesel, no laboratório localizado na Fatec de Botucatu, conclui-se que esse trabalho atingiu seu objetivo devido a transesterificação resultar no produto esperado e com alta taxa de conversibilidade.

No processo de purificação da glicerina, diante das pesquisas e análises realizadas foi possível concluir que o método mais viável mencionando no modo prático, trata-se da destilação simples acidificada, pois conseguiu-se uma melhor eficiência na purificação utilizando-se uma menor quantidade do Ácido Clorídrico.

Para utilização da glicerina comercial, bidestilada, faz-se necessário uma nova destilação e clarificação, obtendo-se a glicerina bidestilada, destinada ao uso comercial.

REFERÊNCIAS

- ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Cadeia Produtiva de Oleaginosas e Biodiesel**. São Paulo, SP. 2015. Disponível em: <<http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=estatistica&area=NC0yLTE=>>. Acesso em: 13 mar. 2016.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Informação e Documentação: Citações em documentos - Apresentação**. Rio de Janeiro, 2002.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Informação e Documentação: Referências - Elaboração**. Rio de Janeiro, 2002.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Informação e Documentação: Trabalho Acadêmicos - Apresentação**. Rio de Janeiro, 2011.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Biomassa**. Atlas de energia elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2002.
- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Biodiesel**. Agosto 2016. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/biodiesel>. Acesso em: 20 mar. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS. **Cadeia Produtiva de Oleaginosas e Biodiesel**. São Paulo, SP. 2015. Disponível em: <<http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=estatistica&area=NC0yLTE=>>. Acesso em: 08 nov. 2016.
- AZEVEDO, P. C. L. **Biodiesel**. Portal de estudos em química. 2013. Disponível em: http://www.profp.com.br/Biodiesel_b.htm. Acesso em: 08 jun 2017.
- BACCAN, N. et al. **Química Analítica Quantitativa Elementar**. 2ª Edição revisada e ampliada. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2000.
- BASTOS, A.R.; AFONSO, J. C. **Separação sólido-líquido: centrífugas e papéis de filtro**. Rev. Química Nova, vol. 38, n. 5, 749-756, 2015.
- BIODIESELBR. **Vantagens do Biodiesel**. 2006. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/biodiesel/vantagens/vantagens-biodiesel.htm>. Acesso em: 09 jun. 2017.
- BRAUN, S.; GORESTIN, L.; SCHMAL, A. M. Química Nova 27 (2003) 472.
- CARDOSO, B. M. **Uso da biomassa como alternativa energética**. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) apresentada a Universidade Federal do Rio de Janeiro. 98 f. Rio de Janeiro, 2012.

CARVALHO, H. M.; RIBEIRO, A.B. **Biodiesel: Vantagens e Desvantagens numa comparação com o diesel convencional.** Rev. Bolsista de Valor. Universidade Petrobrás e Fluminense, v. 2, n. 1, p. 49-53. 2012.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação do óleo de soja usado em frituras.** Rev. Química Nova, 23(4), 2000.

DE LORENZO DO BRASIL SISTEMAS DIDÁTICOS. **Manual Biodiesel.** 2014.

DIB, F. H. **Produção de biodiesel a partir do óleo residual reciclado e a realização de testes comparativos com outros tipos de biodiesel e proporções de misturas em um motor-gerador.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”/ SP. p. 114. 2010.

ECIRTEC – Equipamentos e Acessórios Industriais Ltda. Disponível em <http://www.ecirtec.com.br>. Acesso em 05 ago.2015.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. **Biodiesel de Soja – Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia.** Química Nova, vol. 28, n. 01, 19-23 p., Ponta Grossa – PR, 2005.

FERREIRA, M. O. **Purificação da glicerina bruta obtida a partir da transesterificação do óleo de algodão.** 2009. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Disponível em: . Acesso em: 10 jun. 2017.

GOUVÊA, P. E. M. **Simulação e análise de configurações alternativas de colunas de destilação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) apresentada à Universidade Estadual de Campinas, SP. p. 03. 1999.

INMETRO. **Princípios das Boas Práticas de Laboratório.** Norma nº NIT-DICLA-035. rev. nº 02. Aprovada em set/2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz V.1.: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos,** 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 245-246.

LÔBO, I. P.; FERREIRA, S.L.C; CRUZ, R.S. **Biodiesel: Parâmetros de Qualidade e Métodos Analíticos.** Química Nova, Vol.32, No.6, p.1596-1608, 2009.

LOPES, A. P.; CANESIN, E. A.; SUZUKI, R. M.; TONIN, L. T. D.; PALIOTO, G. F.; SEIXAS, F. L. **Purificação de Glicerina Residual Obtida na Produção de Biodiesel a Partir de Óleos Residuais.** Rev. Virtual Quim., 2014, 6 (6), 1564-1582. Data de publicação na Web: 2 de novembro de 2014. Disponível em: <<http://www.uff.br/rvq>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

MARQUES, E. P; et al. **Metodologia analítica para glicerol em biodiesel: cenário atual.** Cad. Pesq., São Luís, v. 28, nº especial, 2011.

MEDEIROS, J. F.; PASA, T. L. B.; ALMEIDA F. N. C.; SÉRGIO, M. C.; PEREIRA, N. C., LIMA, O. C. M. **Centrifugação**: Uma Alternativa Para Purificação de Biodiesel. Revista Brasileira de Energias Renováveis. v. 3, p. 235–242, 2014.

MENDES, D. B.; SERRA, J. C. V. **Glicerina: uma abordagem sobre a produção e o tratamento**. Rev. Liberato, Novo Hamburgo, v. 13, n. 20, p. 01-XX, jul./dez. 2012.

MF RURAL. **Glicerina Bruta**. Disponível em: < <http://www.mfrural.com.br/detalhe/compro-borra-vegetal-mista-e-glicerina-bruta-223915.aspx>> Acesso em: 05 fev. 2016.

MINER, C.; DALTON, N. N. **Glycerol**. 1st ed. New York: Reinhold Pub. Corp., 1953. 460 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Poluentes atmosféricos**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos>. Acesso em: 09 jun. 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Biodiesel**: Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. 2011. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiesel/pnpb.html>. Acesso em: 09 jun. 2017.

MOTA, C.J.A., SILVA, C.X.A., GONÇALVES, V.L.C. **Gliceroquímica: Novos produtos e Processos a partir da Glicerina de Produção de Biodiesel**. Instituto de Química, Universidade do Rio de Janeiro. Química Novo, Vol. 32, No. 3, p. 639=648, 2009.

OPPE, E. E. G. **Desidratação por destilação azeotrópica da glicerina obtida como subproduto da produção do biodiesel**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Apresentado a Universidade de São Paulo/ SP. 2008.

QUEIROZ, N. R.; VALENZUELA J. **Uma Comparação entre filtro prensa e leito de secagem**. TECITEC. Tratamento de superfícies 97. Set/Out 1999. Disponível em: http://www.tecitec.com.br/artigos/a_fpxleito.pdf . Acesso em: 01 mar. 2017.

SOUZA, I. F. **Cálculo do rendimento do biodiesel e subprodutos**. Faculdade de Tecnologia de Botucatu, São Paulo. 2014.

TEIXEIRA, A. C. **Inferências em coluna de destilação multicomponente**. Monografia (Graduação em Engenharia Química) apresentada a Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

TRINDADE, D. F. et al. **Química básica experimental**. 2ª ed. São Paulo: Ícone Editora, 2000.