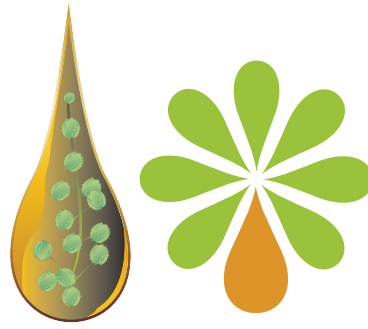


ISBN 978-85-65615-02-0



6° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel  
9° Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

# BIODIESEL: 10 ANOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO NO BRASIL

The background of the lower half of the cover is a photograph of a coastal town. In the foreground, there is a calm body of water. The middle ground shows a town with several buildings, including a prominent white building with a red roof. The background features rolling hills and mountains, some of which are covered in green vegetation, while others show sandy patches. The sky is a pale, hazy blue.

**VOLUME 2**

**ANAIS - ARTIGOS CIENTÍFICOS  
2016**



6° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel  
9° Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

**BIODIESEL:**  
**10 ANOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO NO BRASIL**

**Anais - Trabalhos Científicos**

**Editores:**

**Pedro Castro Neto**

**Antônio Carlos Fraga**

**Rafael Silva Menezes**

**Gustavo de Lima Ramos**

**Natal, 22 a 25 de Novembro de 2016**

**Rio Grande do Norte - Brasil**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel  
(6. : 2016 : Natal, RN).

Anais do 6. Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia  
de Biodiesel, 9. Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas,  
Óleos, Gorduras e Biodiesel, Natal, RN, 22 a 25 de novembro  
de 2016 / Editores: Pedro Castro Neto ... [et al.]. – Lavras :  
UFLA, 2016.

1432 p.

Bibliografias

ISBN 978-85-65615-02-0

1. Biodiesel. 2. Plantas oleaginosas. 3. óleos vegetais. I

Castro Neto, Pedro et al. II. Congresso Brasileiro de Plantas  
Oleaginosas, óleos, Gorduras e Biodiesel.

CDD – 633.85

## APRESENTAÇÃO

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) possui papel fundamental no processo de aprimoramento tecnológico do biodiesel brasileiro. No âmbito do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), o módulo de Desenvolvimento Tecnológico é coordenado pelo MCTIC e objetiva organizar e fomentar a base tecnológica existente no País e norteá-la a gerar resultados que atendam às demandas do PNPB.

Nesse sentido, foi implantada a Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel (RBTB), que articula os diversos atores envolvidos, permitindo a convergência de esforços e a otimização de investimentos públicos na busca por soluções para os desafios tecnológicos da cadeia produtiva, levando em consideração aspectos de sustentabilidade, geração de empregos e desenvolvimento regional.

Como ferramenta de avaliação e divulgação dos resultados dos projetos fomentados, o MCTIC promove, desde 2006, o Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e a Universidade Federal de Lavras promove, desde 2004, o Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. Eventos que em suas edições anteriores foram um sucesso, tanto em termos de público, como na divulgação do conhecimento gerado por pesquisadores de inúmeras universidades e institutos de pesquisa de todo o país. A partir de 2010 esses dois eventos foram realizados simultaneamente constituindo o maior evento técnico científico em biodiesel do mundo. Este evento é referência para as áreas de produção de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel.

## APRESENTAÇÃO

É estratégico para o setor de biodiesel possuir fóruns de discussão para se debater temas ligados à pesquisa, desenvolvimento e inovação em Biodiesel, como também promover encontros entre especialistas, estudantes, empresários e a sociedade civil para discutir meios para o desenvolvimento desse novo combustível.

Para o evento deste ano os organizadores receberam 884 trabalhos, dos quais 715 foram aprovados e serão expostos nas sessões de apresentação de pôster. Foram destacados trabalhos que também serão apresentados oralmente nas sessões temáticas. Busca-se atingir com a divulgação dos Anais do evento a difusão do conhecimento gerado, servindo como base para a continuidade das ações e como motivação para que a inovação tecnológica contribua de forma efetiva para os objetivos do PNPB.

Cordialmente,

Professor Pedro Castro Neto  
**Presidente do Congresso**

Professor Antônio Carlos Fraga  
**Presidente da Comissão Técnico-Científica**

Rafael Silva Menezes  
**Coordenador de ações de  
desenvolvimento  
energético RBTB-MCTIC**

## COMISSÃO ORGANIZADORA

Pedro Castro Neto  
**Presidente do Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas,  
Óleos, Gorduras e Biodiesel**

Rafael Silva Menezes  
**Presidente do Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia  
de Biodiesel**

Gustavo de Lima Ramos  
**Secretário-Geral**

Antônio Carlos Fraga  
**Presidente da Comissão Técnico-Científica**

Juliana Espada Lichston  
**Presidente da Comissão Local da UFRN**

Rafael Peron Castro  
Anderson Lopes Fontes  
**Secretários Comissão Local da UFRN**

## COMISSÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Antônio Carlos Fraga (UFLA) - Presidente

Pedro Castro Neto (UFLA) - Vice-Presidente

Lucas Ambrosano (UEM) - Secretário

Geovani Marques Laurindo (G-Óleo/UFLA) - Secretário

Douglas Pelegrini Vaz-Tostes (G-Óleo/UFLA) - Secretário

### MEMBROS DAS ÁREAS TEMÁTICAS

Aristeu Gomes Tininis (IFSP)

Bill Jorge Costa (TECPAR)

Bruno Galvêas Laviola (EMBRAPA)

Cláudio José de Araujo Mota (UFRJ)

Danilo Luiz Flumignan (IFSP)

Donato Alexandre Gomes Aranda (UFRJ)

Eduardo Homem de Siqueira Cavalcanti (INT)

Fátima Menezes Bento (UFRGS)

Gustavo Lima Ramos (SETEC/MCTIC)

Iêda Maria Garcia dos Santos (UFPB)

Luiz Pereira Ramos (UFPR)

Maria Aparecida Ferreira César-Oliveira (UFPR)

Nelson Roberto Antoniosi Filho (UFG)

Paulo Anselmo Ziani Suarez (UnB)

Rafael Silva Menezes (SETEC/MCTIC)

Roberto Bianchini Derner (UFSC)

Rosenira Serpa da Cruz (UESC)

Sérgio Peres Ramos da Silva (UPE)

Simoni Margaretta Plentz Meneghetti (UFAL)

## COMISSÃO EXECUTORA

Associação dos  
Pesquisadores em Plantas Oleaginosas,  
Óleos, Gorduras e Biodiesel



Rede Brasileira de  
Tecnologia de Biodiesel

SECRETARIA DE  
DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO  
E INOVAÇÃO

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



## REVISÃO E EDITORAÇÃO

Pedro Castro Neto (UFLA)  
Antônio Carlos Fraga (UFLA)  
Lucas Ambrosano (UEM)  
Douglas Pelegrini Vaz-Tostes (G-Óleo/UFLA)  
Geovani Marques Laurindo (G-Óleo/UFLA)

## COMISSÃO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Pedro Castro Neto (UFLA) - Presidente  
Antônio Carlos Fraga (UFLA)  
Gilson Miranda Júnior (BCC/UFLA)  
Jaime Daniel Corrêa Mendes (BCC/UFLA)  
João Paulo de Araújo (BCC / G-Óleo/UFLA)  
Fergunson Antônio Gomes Peres de Souza (G-Óleo/UFLA)  
Henrique Fidencio (G-Óleo/UFLA)  
Arnon de Castro Oliveira (G-Óleo/UFLA)  
Saulo Kirchmaier Teixeira (G-Óleo/UFLA)

## AGRADECIMENTOS

Apoiadores, Autores, Congressistas, Expositores e Palestrantes.



## MEMBROS DA G-ÓLEO

Associação dos Pesquisadores em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

Pedro Castro Neto (Presidente)  
Lucas Ambrosano (Vice-Presidente)  
Douglas Pelegrini Vaz-Tostes (Tesoureiro)  
Vinícius Reis Bastos Martins (Secretário)  
Antônio Carlos Fraga  
Arnon de Castro oliveira  
Bárbara Lemes  
Camilla Freitas Maia  
Camilo José Rodrigues Dal Bó  
Carlos Henrique Santos Fonseca  
Carlúcio Queiroz Santos  
Clara de Almeida Filippo  
Daniel Augusto de Souza Borges  
Danilo da Silva Souza  
Diego Flausino Brasileiro  
Erika Tokuda  
Ferguson Antonio Gomes Peres de Souza  
Gabriel Dlouhy Alcon  
Gabriele de Faria Castro  
Geovani Marques Laurindo  
Gilson Miranda Júnior  
Guilherme de Oliveira Martins  
Gustavo de Almeida Adolpho  
Hamilton Olinto Pimenta Lima Junior  
Henrique Fidencio  
Jaime Daniel Corrêa Mendes  
Janice Alvarenga Santos Fraga  
João Paulo de Araújo  
Julia Andrade de Ávila  
Juliana de Xisto Silva  
Maraiza Assis Mattar Silva  
Marcela Santos Moreira  
Matheus Sterzo Nilsson  
Paulo Rogério Ribeiro Pereira  
Pedro Henrique Barcelos Mota  
Pedro Rodolfo Bianchim de Oliveira  
Rafael Peron Castro  
Rodrigo Martins Santos  
Sandra Regina Peron Castro  
Sandro Freire de Araújo  
Saulo Kirchmaier Teixeira  
Stênio Carvalho  
Thalita Caroline Azevedo Gonçalves  
Thiago Matiulli  
Vitor Favareto Silva

## REALIZAÇÃO

O Núcleo de Estudos em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biocombustíveis (G-Óleo) idealizado

pelos professores Antônio Carlos Fraga

do Departamento de Agricultura

e Pedro Castro Neto do

Departamento de Engenharia

da Universidade Federal de

Lavras, desde 2006 promove a



**G-ÓLEO**

produção científica e realiza eventos acadêmicos voltados a estudantes, pesquisadores e empreendedores que atuam nas diversas etapas da cadeia produtiva do biodiesel, transferindo ao produtor rural por meio de eventos de extensão, onde inovações da pesquisa e indústria são levadas e apresentadas à comunidade.

A diversidade das áreas de atuação do grupo torna os projetos amplamente diversificados, englobando atividades em fitotecnia, química, projetos e manutenção de máquinas agrícolas e industriais, gerência e tecnologia de informação, administração, extração e purificação de óleos e gorduras, gestão de coprodutos e resíduos, todas associadas à produção científica visando inovação para a indústria e melhoria na produção rural.

## REALIZAÇÃO

Com o objetivo de impulsionar o desenvolvimento tecnológico e a inovação do biodiesel no Brasil, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) promove diversas ações, principalmente por meio da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel (RBTB), que envolve diversos atores da cadeia produtiva. Isso permite a convergência de esforços e a otimização de investimentos públicos, buscando soluções para os desafios tecnológicos do setor. Desde 2006, a Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (SETEC/MCTIC) promove o Congresso da RBTB com objetivo de disseminar os conhecimentos tecnológicos gerados, a divulgação das potencialidades da Rede, as competências e os trabalhos em andamento. A realização do evento envolve a comunidade científica e empresarial e abrange sete diferentes áreas temáticas: Matéria Prima; Armazenamento, Estabilidade e Problemas Associados; Caracterização e Controle da Qualidade; Co-Produtos; Produção do Biocombustível; Uso de Biodiesel; e Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável.

Rede Brasileira de Tecnologia de

**BioDiesel**



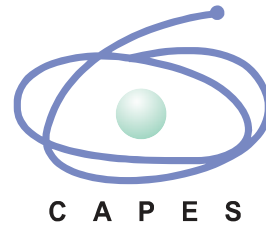
REALIZAÇÃO

SECRETARIA DE  
**DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO  
E INOVAÇÃO**

MINISTÉRIO DA  
**CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**



## APOIO





6° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel  
9° Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

**TRABALHOS  
CIENTÍFICOS  
APROVADOS**

## Produção de biodiesel etílico a partir de ácidos graxos livres obtidos de óleos residuais de fritura

Rubia de Pina Luchetti Camargo (LAMES/UFG, [ruluchetti@gmail.com](mailto:ruluchetti@gmail.com)), Ingrid Cristina Oliveira (LAMES/UFG, [grynd123@gmail.com](mailto:grynd123@gmail.com)), Julião Pereira (LAMES/UFG, [racalelerahi@hotmail.com](mailto:racalelerahi@hotmail.com)), Ana Julia Siqueira (LAMES/UFG, [anajsiqueira@gmail.com.br](mailto:anajsiqueira@gmail.com.br)) e Nelson Roberto Antoniosi Filho (LAMES/UFG, [nelson@quimica.ufg.br](mailto:nelson@quimica.ufg.br))

**Palavras Chave:** Reciclagem, cromatografia gasosa, caracterização.

### 1 - Introdução

O biodiesel, um biocombustível, renovável geralmente é produzido com óleos vegetais refinados e utilizando o metanol como álcool. Mas o metanol é um álcool tóxico, o que sugere sua substituição pelo etanol, que é encontrado em abundância no Brasil, e é obtido de biomassa gerando vantagens ambientais. Para produzir um biodiesel ecologicamente correto, a utilização de resíduos como o ORF também é favorável.

Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo produzir biodiesel etílico a partir de matérias-primas graxas de baixa qualidade – no caso um ORF – com qualidade adequada ao preconizado nas legislações que regulam o setor, podendo tal processo ser realizado nos sistemas convencionais de produção de biodiesel já existente nas usinas produtoras. O processo envolve uma etapa de saponificação do ORF, seguido da conversão do sabão a ácidos graxos e da dupla esterificação etílica ácida desses ácidos graxos a biodiesel, que foi então caracterizado com o objetivo de avaliar se a qualidade do mesmo estava adequada para uso comercial.

### 2 - Material e Métodos

Utilizou-se para este estudo o ORF de um estabelecimento comercial situado em Anápolis (Goiás – Brasil), com a caracterização do mesmo apresentada em Camargo et al. (2016)<sup>1</sup>.

A otimização do processo foi realizada para determinar os valores que devem ser utilizados para se produzir um sabão que tenha maior rendimento mássico de FFA após a acidificação do sabão e a purificação do FFA. O planejamento fatorial foi de 2<sup>3</sup> com 3 pontos centrais, com as variáveis: temperatura (70 e 90°C), percentual de excesso de KOH (20% e 30%) e tempo de reação de saponificação (1 e 2 horas), com pontos centrais (PC) a 80°C por 1,5h e 25% de KOH.

O KOH, adicionado a água apenas para dissolvê-lo em ultrassom e, foi acrescentado ao ORF, sob aquecimento, na temperatura e tempo definidos no planejamento fatorial, sob agitação a 200 rpm. A saponificação foi realizada em reator Marconi modelo MA S02/1/UFG.

A acidificação do sabão produzido foi realizada de acordo com Suarez; Lira; Rodriguez (2015)<sup>2</sup> e via adaptação Phillips e Leavens, (1975)<sup>3</sup>. Cerca de 10 g de cada um dos sabões (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 e os PC1, PC2 e PC3) foi acidificado com o ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), com base em cálculos estequiométricos, adicionando-se um volume de 50% a mais de ácido, para garantir a conversão do ácido graxo livre.

A acidificação ocorreu no próprio reator, sob constante agitação, até que o pH estivesse ácido, ao redor de 1,5 a 2,0, o que implicou na adição de 3,2 a 3,9 mL de

ácido fosfórico em cerca de 10 g de sabão. A mistura ficou em repouso por 8 horas e, assim, ocorreu a formação de três fases (fosfato de potássio e/ou seus derivados, água ácida e ácido graxo), que foram separadas por filtração a vácuo e decantação, e, posteriormente, a fase contendo os ácidos graxos (FFA), foi filtrada em sulfato de sódio, para retirada da água residual.

De forma a proceder a uma purificação adicional, a fase de FFA foi adicionado hexano, na proporção de 1:1 (v/v), com o sistema sendo agitado manualmente. Em seguida a mistura foi rotaevaporada por 2 horas, que permite a remoção de substâncias de baixa massa molecular por arraste à vapor - junto com o hexano – as quais levam a formação de emulsões quando da adição de água quente (aproximadamente a 80°C) na etapa posterior, até que a mesma estivesse com pH 6,0 para a remoção dos reagentes que estavam em excesso<sup>2</sup>.

Em seguida os FFA foram filtrados em sulfato de sódio para retirada da água residual. Por fim, fez-se a pesagem da fase contendo os FFA, visando calcular o rendimento em massa com relação a massa de ORF e a análise para determinação do índice de acidez.

A fase de FFA foi levada à esterificação etílica ácida, com o ácido sulfúrico como catalisador. Para isso procedeu-se a mistura de etanol com 2,5% de ácido sulfúrico para formação do reagente esterificante, e posteriormente misturado à fase de FFA na proporção de 11:1 (razão molar reagente:FFA). A mistura foi colocada no reator Marconi e submetida a 70°C por 4 horas, sob agitação a 450 rpm<sup>4</sup>.

Em seguida a matéria graxa foi rotoevaporada para a recuperação do etanol, e lavada com água morna ficando em repouso para se obter uma maior separação da água. Fez-se a destilação a pressão reduzida e a filtração da matéria graxa com sulfato de sódio. Tal matéria prima graxa obtida teve seu teor de ésteres totais avaliados de forma a determinar se o processo de conversão à biodiesel poderia ser feito em uma única etapa ou se haveria a necessidade de uma esterificação adicional já que UDDIN et al. (2013)<sup>5</sup>, observaram que a esterificação etílica ácida feita em uma única etapa leva a inadequado teores de ésteres totais.

Assim, se realizou uma segunda esterificação etílica ácida. O biodiesel etílico produzido foi caracterizado físico-quimicamente, para avaliação de sua qualidade com base nos parâmetros estabelecidos na Portaria ANP n° 45 de 25 de agosto de 2014.

### 3 - Resultados e Discussão

Os resultados demonstram que, a maior massa de FFA foi obtida a partir do experimento S8, no qual a concentração de KOH, a temperatura e tempo foram utilizados em seus maiores níveis, que teve seu índice de acidez avaliado, para o qual se obteve o valor de 117,9 mg KOH.g<sup>-1</sup>. Como o valor encontrado é maior do que o ideal para se realizar uma transesterificação para a produção de

biodiesel<sup>6</sup>, a melhor opção foi mesmo realizar a esterificação ácida para conversão à biodiesel.

O biodiesel obtido em uma única etapa de esterificação, utilizando as condições do experimento S8, apresentou teor de ésteres totais de 62,3%, o que justifica a realização de uma segunda esterificação etílica ácida.

O biodiesel produzido após a segunda esterificação foi caracterizado (Tabela 1) para verificar a sua qualidade. O índice de acidez (IA) que é uma medida de ácidos graxos livres (FFA) contido em uma amostra de combustível, foi de 0,44 mg KOH.g<sup>-1</sup>. Como o máximo permitido é de 0,5 mg KOH.g<sup>-1</sup>, o valor obtido demonstrou ser adequado ao limite exigido pela legislação.

Tabela 1: Parâmetros de qualidade do biodiesel etílico de ORF

Parâmetro	Limites	Resultados
<b>Índice de Acidez</b> (mg KOH.g <sup>-1</sup> )	0,5	0,44
<b>Índice de iodo</b> (g.100g <sup>-1</sup> )	Anotar	119,32
<b>Viscosidade cinemática</b> (mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )	3,0 a 6,0	5,11
<b>Teor de Água</b> (mg.kg <sup>-1</sup> )	200	142,80
<b>Teor de Éster</b> (% massa)	96,5	97,10
<b>Na + K</b> (mg.kg <sup>-1</sup> )	5 máx	0,39
<b>Ca + Mg</b> (mg.kg <sup>-1</sup> )	5 máx	0,89
<b>P</b> (mg.kg <sup>-1</sup> )	10 máx	0,28
<b>Teor de Enxofre</b> (mg.kg <sup>-1</sup> )	10 máx	6,50
<b>Glicerol livre</b> (% massa)	0,02 máx	0,01
<b>Glicerol total</b> (% massa)	0,25 máx	0,09
<b>Monoacilglicerol</b> (% massa)	0,7 máx	0,29
<b>Diacilglicerol</b> (% massa)	0,20 máx	0,08
<b>Triacilglicerol</b> (% massa)	0,20 máx	0,09
<b>Estabilidade Oxidativa (h)</b>	8	5,02

O teor de água (142,80 mg.kg<sup>-1</sup>) também apresentou-se dentro do estabelecido pela legislação, o que é importante para diminuir a atividade microbiológica<sup>7</sup>.

O único parâmetro que se apresentou fora do estabelecido pela legislação brasileira, e também de outros países, foi a estabilidade oxidativa (5,11 h), a qual pode ter sido afetada pela presença de ésteres de ácidos graxos insaturados ou de substâncias oxidadas no biodiesel, já que outros parâmetros de influência direta, como teores de metais e água, encontraram-se dentro da especificação.

Com respeito aos teores de ésteres etílicos de ácidos graxos em função do grau de insaturação, o biodiesel etílico de ORF sintetizado apresentou 21,5% de ésteres saturados, 57,5% de ésteres monoinsaturados, 19,4% de ésteres di-insaturados, 1,6% de ésteres tri-insaturados e 0% de poli-insaturados. Apesar dos teores de ácidos graxos tri-insaturados no biodiesel etílico de ORF ser de 1,6% - ou seja, inferior a 12%, tal como preconiza a norma EN14214 para a obtenção de um biodiesel de qualidade adequada - tal

situação não impediu que o biodiesel etílico de ORF fosse reprovado na estabilidade oxidativa.

#### 4 – Conclusões

A saponificação seguida de dupla esterificação ácida é uma técnica adequada para a produção de biodiesel etílico de óleos e gorduras de fritura residuais (ORF) com qualidade aprovada na maioria dos parâmetros monitorados.

O teor de ésteres totais, que em um processo em uma única etapa foi de 62,3%, passou para 97,1% com a utilização de uma segunda etapa, obtendo-se também viscosidade cinemática e teores de acidez, água, elementos químicos, monoacilglicerídeos, diacilglicerídeos, triacilglicerídeos, glicerol livre e total adequados aos limites estabelecidos na legislação.

Assim, o uso de óleos e gorduras de fritura residuais para a produção de biodiesel etílico, para sua comercialização direta sem a necessidade do uso de antioxidantes ou da realização de misturas com outros tipos de biodiesel que apresentem maior estabilidade oxidativa, depende ainda do desenvolvimento de técnicas de purificação que removam os compostos oxidados de primeira e de segunda ordem presentes no biodiesel etílico de ORF.

#### 5 – Agradecimentos

MCTI, FINEP, FUNAPE, CNPQ, CAPES, UFG

#### 6 - Bibliografia

- CAMARGO, R. P. L. et al. Avaliação da adequabilidade físico-química de óleos e gorduras de fritura residuais para a produção de biodiesel. In: **Produção e avaliação físico-química e ecotoxicológica de biodiesel etílico de óleo e gordura de fritura residual (ORF)**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás p. 92–115 2016a.
- SUAREZ, P. A. Z.; LIRA, H. N. ; RODRIGUEZ, C. G. V. Estudo dos parâmetros físico-químicos para a reação de hidroesterificação. **Parâmetros Físico-químico para os processos de produção de Biodiesel**, p. 81–154, 2015..
- PHILLIPS, C. F.; LEAVENS, D. E. Process for obtaining free fatty acids from soap stockohio, 1975.
- CAMARGO, R. P. L. et al. Produção de biodiesel etílico de óleos e gorduras de fritura residuais via esterificação ácida seguida de transesterificação alcalina. In: **Produção e avaliação físico-química e ecotoxicológica de biodiesel etílico de óleo e gordura de fritura residual (ORF)**. Goiânia: p. 116-125, 2016b.
- UDDIN, M. R. et al. Synthesis of Biodiesel from Waste Cooking Oil. **Chemical Engineering and Science**, v. 1, n. 2, p. 22–26, 2013..
- FREEDMAN, B.; PRYDE, E. H.; MOUNTS, T. L. Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 61, n. 10, p. 1638–1643, 1984.
- SOUZA, M. M. DE et al. Biodegradation potential of *Serratiamarcescens* for diesel/biodiesel blends. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 110, p. 141–146, 2016.