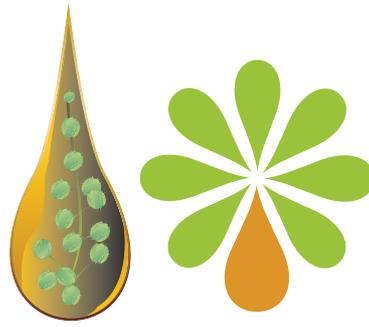


ISBN 978-85-65615-02-0



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



**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**



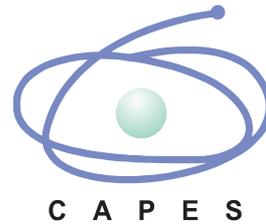
REALIZAÇÃO

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

## Avaliação da influência das variáveis operacionais na produção de biodiesel em escala semi-industrial

Renata Araujo Dantas (DEQ/UFRRJ, renatadantas.quimica@gmail.com), Amanda de Paula Alves (DEQ/UFRRJ, amandadepaula\_3@hotmail.com), Marisa Fernandes Mendes (DEQ/UFRRJ, marisamendes@globo.com)

**Palavras Chave:** planejamento experimental, biodiesel, unidade piloto

### 1 - Introdução

O uso de combustíveis alternativos aos combustíveis fósseis vem sendo gradualmente inserido nas matrizes energéticas mundiais; dentre eles, destaca-se o biodiesel. Entretanto, a maior barreira para produção e comercialização do biodiesel em larga escala é o elevado custo operacional de sua cadeia produtiva. De acordo com Hass *et al.* (2006), o custo de aquisição da matéria prima corresponde entre 70-85% do custo total de produção deste biocombustível<sup>1</sup>. Desta forma, o uso de fontes menos dispendiosas faz-se necessário para aumentar a competitividade do biodiesel no mercado. O óleo residual, proveniente do processo de cocção de alimentos, é uma fonte em potencial devido a sua vasta abundância e baixo valor agregado, além do destino adequado deste rejeito doméstico.

Neste contexto, um estudo sobre a avaliação da influência das principais variáveis de operação da reação de transesterificação do óleo residual foi realizada, a fim de otimizar a produção de ésteres metílicos em uma unidade piloto presente na UFRRJ, com capacidade produtiva de 1000 L/dia, visando analisar aspectos técnicos e econômicos da mesma.

### 2 - Material e Métodos

O óleo residual utilizado como matéria prima para a produção de biodiesel foi coletado no restaurante universitário da UFRRJ e vizinhanças. Após esta etapa, o óleo foi homogeneizado, filtrado e analisado quanto ao índice de acidez, de acordo com a norma ASTM D974.

O perfil de ácidos graxos também foi determinado, objetivando quantificar experimentalmente a massa molar do óleo e do biodiesel produzido. A derivatização do óleo fez-se necessária para comparação dos tempos de retenção do mesmo com o padrão (SUPELCO 37 Component FAME Mix da Sigma Aldrich). Os ésteres metílicos obtidos foram diluídos em tolueno e injetados em um cromatógrafo gasoso Agilent 5965C constituído de uma coluna DB23 e um detector FID.

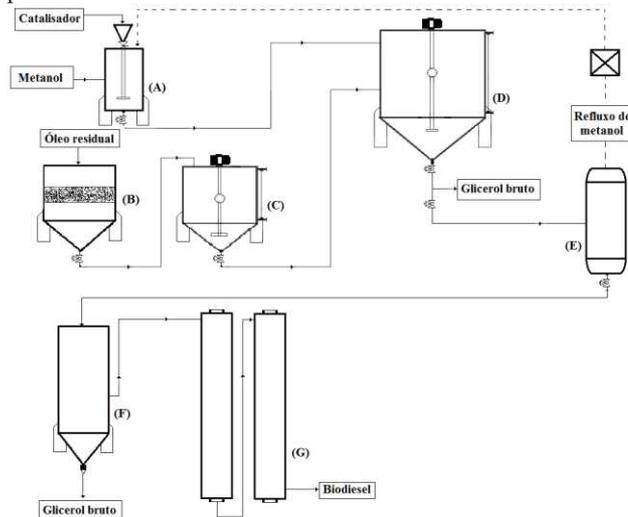
Para a determinação da condição experimental ótima a ser empregada em escala semi-industrial, visando maximizar a produção de ésteres metílicos, um delineamento fatorial fracionado (DFF) foi realizado. A Tabela 1 ilustra as variáveis e os níveis estudados.

O DFF foi aplicado à metodologia de superfície de resposta (MSR)  $2^{4-1}$  com 8 ensaios e 3 pontos centrais, obtendo-se duas variáveis dependentes como resposta: rendimento de ésteres metílicos, quantificados por análise cromatográfica, em condições semelhantes apresentadas acima e a viscosidade cinemática, determinada de acordo com a norma ABNT NBR 10441.

**Tabela 1.** Variáveis e níveis estudados no planejamento experimental  $2^{4-1}$ .

| Variáveis                                     | Inferior (-) | Central (0) | Superior (+) |
|---|--------------|-------------|--------------|
| (X <sub>1</sub> ) - Temperatura (°C)          | 50           | 60          | 70           |
| (X <sub>2</sub> ) - Tempo (min)               | 30           | 45          | 60           |
| (X <sub>3</sub> ) - Razão óleo/álcool (% m/m) | 1/6          | 1/7,5       | 1/9          |
| (X <sub>4</sub> ) - Catalisador (% m/m)       | 0,5          | 1,0         | 1,5          |

Após a determinação dos parâmetros operacionais ótimos, a produção de biodiesel a partir de óleo residual foi realizada na planta piloto presente na UFRRJ. A Figura 1 ilustra um diagrama das principais operações unitárias presentes na unidade.



**Figura 1.** Diagrama representativo da unidade piloto para produção de biodiesel. (A) tanque misturador, (B) mesa filtro, (C) tanque de aquecimento, (D) reator de transesterificação, (E) destilador flash, (F) decantador, (G) coluna de purificação.

### 3 - Resultados e Discussão

O índice de acidez do óleo residual foi determinado e o resultado foi igual a 1,89 mg KOH/g. Este valor é considerado alto quando comparado a óleos refinados, porém sendo derivado do processo de cocção de alimentos está de acordo com o valor esperado (acima de 1,5 mg KOH/g)<sup>2</sup>.

A massa molar do óleo residual e do biodiesel obtidas experimentalmente foi de, respectivamente, 870,9 g/mol e 291,6 g/mol.

Os resultados da viscosidade cinemática e conversão de ésteres metílicos estão ilustrados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Valores experimentais obtidos para produção de biodiesel utilizando óleo residual como matéria prima

|    | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | X <sub>4</sub> | Viscosidade cinemática (mm <sup>2</sup> /s) | Conversão (%) |
|----|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|
| 1  | 50             | 30             | 1/6            | 0,5            | 5,37  | 73,2          |
| 2  | 70             | 30             | 1/6            | 1,5            | 4,31  | 85,8          |
| 3  | 50             | 60             | 1/6            | 1,5            | 4,32  | 84,1          |
| 4  | 70             | 60             | 1/6            | 0,5            | 4,46  | 83,8          |
| 5  | 50             | 30             | 1/9            | 1,5            | 4,35  | 88,7          |
| 6  | 70             | 30             | 1/9            | 0,5            | 4,30  | 84,3          |
| 7  | 50             | 60             | 1/9            | 0,5            | 4,38  | 79,2          |
| 8  | 70             | 60             | 1/9            | 1,5            | 4,38  | 85,8          |
| 9  | 60             | 45             | 1/7,5          | 1,0            | 4,32  | 83,4          |
| 10 | 60             | 45             | 1/7,5          | 1,0            | 4,27  | 82,4          |
| 11 | 60             | 45             | 1/7,5          | 1,0            | 4,32  | 82,6          |

Os valores da viscosidade das amostras de biodiesel variaram entre 4,27 e 5,37 mm<sup>2</sup>/s a 40 °C. Estes resultados são consistentes com o intervalo limite determinado pela ANP<sup>3</sup> (3 a 6 mm<sup>2</sup>/s). Assim, o processo de transesterificação foi eficaz em reduzir a viscosidade inicial do óleo residual, equivalente a 31,92 mm<sup>2</sup>/s. Esta propriedade é importante, pois afeta a injeção e atomização do combustível, prevenindo problemas como depósito de carbono no motor e combustão incompleta.

A conversão máxima de ésteres metílicos obtidos foi de 88,7%, utilizando temperatura de 50 °C, tempo reacional de 30 min, razão molar de óleo/metanol igual a 1/9 e 1,5% de catalisador. Este resultado não foi bem sucedido de acordo com a especificação da ANP<sup>3</sup>, que determina uma conversão mínima em 96,5%. Esta baixa conversão pode ser atribuída à acidez proveniente de óleos residuais, que podem promover reações secundárias e consumir catalisadores básicos.

Para investigar a influência das quatro variáveis independentes na conversão de ésteres metílicos, uma análise estatística, com nível de confiança de 95%, foi realizada. A Tabela 3 lista os coeficientes lineares, erros padrões, T-valor e P-valor para cada variável.

**Tabela 3.** Coeficientes lineares de regressão para rendimento de ésteres metílicos

| Fator                         | Coefficiente de regressão | Erro padrão | T-valor | P-valor |
|-------------------------------|---------------------------|-------------|---------|---------|
| Média                         | 58,902                    | 1,617       | 36,422  | 0,001   |
| Temperatura (X <sub>1</sub> ) | 0,181                     | 0,019       | 9,688   | 0,010   |
| Tempo (X <sub>2</sub> )       | 0,007                     | 0,012       | 0,601   | 0,609   |
| Razão O/A (X <sub>3</sub> )   | 0,925                     | 0,125       | 7,416   | 0,018   |
| Catalisador (X <sub>4</sub> ) | 5,975                     | 0,374       | 15,969  | 0,004   |

Para que os efeitos calculados sejam estatisticamente significativos, o valor de p correspondente deve ser menor que 0,05, para o nível de confiança estudado. Portanto, o fator tempo não foi significativo (p=0,609) na conversão de ésteres metílicos. Este valor é corroborado pelo teste T. Quanto maior for o T-valor e menor o P-valor, mais significativo é o fator

correspondente. Isso implica que a variável com maior efeito na conversão de biodiesel foi o catalisador.

A Tabela 4 mostra os principais efeitos da análise de variância (ANOVA). Como pode ser observado, o P-valor do modelo foi de 0,01, ilustrando que o mesmo foi bem ajustado. A realização do teste F indicou que a regressão foi significativa visto que o valor do F<sub>cal</sub> (105,126) foi maior do que o F<sub>tac</sub> (8,887).

**Tabela 4.** Análise de variância do modelo de conversão de ésteres metílicos

| Efeito          | GL | SQ     | MQ    | F <sub>cal</sub> | F <sub>Tab</sub> | P <sub>valor</sub> |
|-----------------|----|--------|-------|------------------|------------------|--------------------|
| Regressão (R)   | 7  | 162,2  | 23,17 | 105,13           | 8,87             | 0,01               |
| Residual (r)    | 3  | 0,66   | 0,22  |                  |                  |                    |
| Falta de ajuste | 4  | 49,12  |       |                  |                  |                    |
| Erro puro       | 2  | 0,56   |       |                  |                  |                    |
| Total (R+r)     | 10 | 162,86 |       |                  |                  |                    |

Diante disso, os resultados experimentais foram ajustados a um modelo linear (Equação 1) para descrever a conversão de biodiesel obtido.

$$Y = 58,902 + 0,181 \cdot X_1 + 0,925 \cdot X_3 + 5,975 \cdot X_4 \quad (1)$$

sendo Y a conversão de biodiesel, X<sub>1</sub>, X<sub>3</sub> e X<sub>4</sub> são as variáveis temperatura, razão óleo/álcool e catalisador, respectivamente.

Através da distribuição dos resíduos, valores preditos pelo modelo vs valores observados, pode-se concluir que os mesmos apresentam pouca variação entre si.

## 4 – Conclusões

Por meio de um estudo estatístico, a influência das variáveis de operação na produção de biodiesel a partir de óleo residual foram analisadas. O estudo da viscosidade foi satisfatório para todos os níveis apresentados. O fator tempo não foi estatisticamente significativo, enquanto que o catalisador apresentou maior influência na formação dos ésteres metílicos. A partir dos resultados obtidos, a produção de biodiesel será realizada na unidade piloto, com base nos parâmetros operacionais determinados.

## 5 – Agradecimentos

- FAPERJ e CNPq pelo apoio financeiro ao projeto;  
- LACOL/INT pelos ensaios realizados.

## 6 - Bibliografia

- Haas, M.J.; Mcaloon, A.J.; Yee, W.C.; Foglia, T.; A process model to estimate biodiesel production costs. *Bioresour. Technol.* v. 97, p. 671–678, 2006.
- Canakci, M.; Van Gerpen, J.H. Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids. *T Asabe*, v.44, 1429-1436, 2001.
- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Biocombustíveis: Biodiesel. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acesso em julho de 2014.