

## APLICAÇÃO DO ULTRASSOM NA TRANSESTERIFICAÇÃO E NAS CARACTERIZAÇÕES FÍSICAS DE ÓLEOS RESIDUAIS DE FRITURA

EDNILTON T. DE ANDRADE<sup>1</sup>, PRISCILA A. R. DE SOUZA<sup>2</sup>, IVENIO M. DA SILVA<sup>3</sup>, FELIPE A. DE SOUSA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrícola, Professor Associado, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, Fone: (0xx35) 3829.1669, ednilton@deg.ufla.br.

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia de Biosistemas, PGEB/UFF.

<sup>3</sup> Professor, Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente, UFF.

<sup>4</sup> Mestre em Engenharia de Biosistemas, PGEB/UFF.

Apresentado no  
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** Este estudo objetivou determinar o efeito da exposição, ao ultrassom, do óleo vegetal e residual de soja, de milho e de girassol, nas suas características físicas e na transesterificação. Para comparação da qualidade dos óleos e do biodiesel, e como métodos de análises das características dos óleos vegetais, residuais e do biodiesel obtidos, foram utilizadas as normas da AOCS (2003), ASTM (2012), da ABNT (2002), a norma NIE\_DIMEL-039 do INMETRO e do Instituto Adolfo Lutz (2008). O biodiesel de óleo residual de soja, de milho e de girassol apresentou valores para a viscosidade cinemática, respectivamente, de 4,3840; 4,5425; 4,5541 mm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>. A massa específica para o óleo residual apresentou valores, respectivamente, de 1,2923; 1,3487; 1,3545 kg L<sup>-1</sup>, e depois de passar pelo ultrassom apresentou, respectivamente, valores menores que o inicial de 27,74%; 30,81%; 30,31%. A massa específica do biodiesel de óleo vegetal e óleo residual de soja, de milho e de girassol apresentaram valores, respectivamente, de 0,8801; 0,8834; 0,8813 kg L<sup>-1</sup>, e para o biodiesel de óleo residual valores maiores que o inicial, respectivamente, de 0,42%; 0,05%; 0,39%. Desta forma pode-se concluir que o ultrassom muda as características físico-químicas das matérias primas utilizadas diminuindo seus valores. A obtenção de biodiesel, dos óleos vegetais e residuais foi satisfatória.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biocombustível, Combustível biodegradável, Agricultura brasileira.

### ULTRASOUND APPLICATION IN TRANSESTERIFICATION AND IN PHYSICAL CHARACTERIZATION OF THE FRYING OILS AND BIODIESEL

**ABSTRACT:** This study aimed to determine the effect of exposure to the ultrasound, vegetable and residual oil of soybeans, corn and sunflower in their physical characteristics and transesterification. For comparing the quality of oils and biodiesel, and as methods of analysis of the characteristics of vegetable oils, residual and biodiesel obtained, the standards were used as AOCS (2003), ASTM (2012), ABNT (2002), the standard NIE\_DIMEL-039 INMETRO and the Adolfo Lutz Institute (2008). The residual oil biodiesel of soybean, corn and sunflower presented values for the kinematic viscosity, respectively, of 4.3840; 4.5425; 4.5541 mm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>. The specific mass for the residual oil showed values, respectively, 1.2923; 1.3487; 1.3545 kg L<sup>-1</sup>, and after passing through the ultrasound showed, respectively, values less than the initial 27.74%; 30.81%; 30.31%. The specific mass of biodiesel from vegetable oil from soybean, corn and sunflower showed values, respectively, 0.8801; 0.8834; 0.8813 kg L<sup>-1</sup>, and the residual oil biodiesel values greater than the initial, respectively, 0.42%; 0.05%; 0.39%.

0.05%; 0.39%. Thus it can be concluded that the ultrasound changes the physico-chemical characteristics of the raw materials used reducing their values. The production of biodiesel, vegetable oils and residuals was satisfactory.

**KEYWORDS:** Biofuel, biodegradable fuel, Brazilian agriculture.

## INTRODUÇÃO

O mundo está passando por um processo de conscientização ambiental, e em relação a fontes energéticas tem-se buscado utilizar fontes renováveis, assim como, um melhor aproveitamento de resíduos. Uma destas fontes de energia renovável é o biodiesel que pode ser produzido via transesterificação de óleos vegetais. Os óleos vegetais possuem varias vantagens a cerca da qualidade do biodiesel, como por exemplo, elevado poder calorífico, e não contém enxofre em suas composições (BRAZ, 2011).

A transesterificação é o processo mais utilizado para a produção de biodiesel que se constitui em uma reação química de triglicerídeos com álcoois (metanol ou etanol) utilizando-se um catalisador que pode ser ácido, básico ou enzimático, resultando na substituição do grupo éster do glicerol pelo grupo etanol ou metanol, tendo como subproduto a glicerina (SILVA e FREITAS, 2008).

Para melhor eficiência e obtenção de um biodiesel em menos tempo pode-se utilizar o ultrassom no processo de transesterificação, que são ondas sonoras as quais suas frequências estão acima das perceptíveis pela audição humana, que é de aproximadamente 20 quilohertz (kHz), ou 20.000 ciclos por segundo (BIODIESEL TECHNOTES, 2012).

Há mais de 50 anos o ultrassom é empregado para monitorar, controlar, e caracterizar a composição, estados de reações e misturas na indústria química. Dependendo do processo analisado pode ser controlado o tempo, a frequência e a atenuação do sinal transmitido. Podem-se relacionar alterações químicas de líquidos puros, concentração de massa dissolvida numa solução, mistura ou dispersão, conversões de reação e em alguns casos distribuição de partículas em líquidos através do ultrassom (OFUCHI et al., 2009).

É de fundamental importância que os óleos residuais de origem animal ou vegetal tenham uma atenção especial devido ao seu descarte ser um grande problema ambiental, podendo ser utilizado como matéria-prima para a produção de biodiesel. Sendo sua viabilidade técnica comprovada e uma fonte de energia de baixo custo.

Em função do exposto este trabalho tem como objetivo avaliar as características físico-químicas de óleos vegetais e residuais produzidos via ultrassom e de seus respectivos biodieseis.

## MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal Fluminense (UFF) de Niterói/RJ, sendo que o biodiesel foi produzido no Laboratório de Termociências e os testes realizados neste mesmo laboratório e no Laboratório de Reologia.

Os materiais apresentados a seguir são os tipos de óleos vegetais utilizados para a realização da pesquisa.

**Óleo Vegetal** - Foram utilizados óleos vegetais de soja, de milho e de girassol, todos não transgênicos, comprados, em um lote, em supermercado da região, dentro do prazo de validade, para caracterização antes e depois de serem expostos ao ultrassom.

**Óleo Residual** - Seis garrafas de 900 ml de cada óleo vegetal comprado foram encaminhadas a uma pastelaria nomeada “Pastelaria Kanimambo”, localizada na Avenida Visconde do Rio Branco, nº 161, Centro, Niterói, RJ.

Os funcionários da pastelaria utilizaram normalmente estes óleos para a fritura dos produtos vendidos neste estabelecimento comercial, sendo o óleo usado recolhido, durante três semanas. A cada semana foi utilizado um tipo de óleo: soja, milho ou girassol.

Depois de recolhidos, os óleos de fritura residuais, foram coados e passaram pelas caracterizações físico-químicas antes e depois de serem expostos ao ultrassom.

**Óleo Transesterificado** - Cada tipo de óleo vegetal foi submetido ao processo de transesterificação, para a produção de biodiesel. O método utilizado está citado no processo de transesterificação.

Após serem transesterificados os biodieseis obtidos foram caracterizados.

O óleo comum e o transesterificado foram analisados de acordo com as normas da American Oil Chemists Society (AOCS, 2003), da American Society of Testing and Materials (ASTM, 2012) e Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2002) indicadas pela Resolução Nº 07 de 19/03/2008 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2008); e também as normas NIE\_DIMEL-039 do INMETRO e do INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008.

**Processo de Transesterificação** - Os óleos de soja, de milho e de girassol, e os respectivos óleos residuais passaram por um processo de transesterificação por rota etílica, utilizando-se como catalisador o hidróxido de sódio (NaOH), com razão molar de 1:6.

Para o óleo de soja utilizou-se 250 ml de óleo; 91,25 ml de álcool etílico absoluto (PA) e 2,083 g de NaOH.

Na produção de biodiesel de milho utilizou-se 250 ml de óleo; 80,5 ml de etanol e 2,18 g de NaOH.

Para a transesterificação de óleo de girassol utilizou-se 250 ml de óleo; 100 ml de etanol e 2,19 g de NaOH.

Já para todos os óleos residuais, inicialmente secou-se a 110 °C 300 ml de óleo em estufa de secagem Nova Ética por duas horas e esperou-se por mais uma hora para chegar à temperatura ambiente; depois para a transesterificação utilizou-se 120 ml de álcool e 3 g de NaOH.

O processo teve início pesando o NaOH em uma balança de precisão com duas casas decimais para ser adicionado ao álcool etílico. Sendo homogeneizado em um agitador magnético.

Depois de homogeneizado adicionou-se o óleo e foi colocado em um aparelho de ultrassom (com uma pulsação de 02:01 e amplitude de 30%) para que a reação de transesterificação ocorresse durante 15 minutos, à temperatura de 25°C.

O produto resultante foi conduzido a balões volumétricos para a separação da glicerina do biodiesel que ocorreu em um período de 24hs.

Depois de separado lavou-se o biodiesel para tirar o excesso de catalizador, álcool e glicerina, onde se mediu 30% de água destilada em relação à quantidade de biodiesel, levou-se para estufa durante 15 minutos a 105 °C e misturou-se com duas gotas de ácido clorídrico PA, em seguida foi colocado nos balões volumétricos onde se encontrava o biodiesel, esperando, assim, a decantação por 3 h. Esta etapa se repetiu por 3 vezes.

**Ultrassom** - Os óleos de soja, de girassol, de milho, e seus respectivos óleos residuais foram expostos ao ultrassom, durante 45 minutos com uma pulsação de 02:01 e amplitude de 30%. E para reação de transesterificação durante 15 minutos com o mesmo valor de pulsação e amplitude.

**Características físico-químicas** - Foram realizados os seguintes testes descritos nesta seção, para a verificação qualitativa e de mudanças ocorridas nos produtos estudados depois de serem expostos ao ultrassom e transesterificados com uso do ultrassom.

**Viscosidade Cinemática** - A medição da viscosidade cinemática foi realizada em um banho termostático a 40°C, com viscosímetro Cannon-Fenske, capilar 100 ( $K = 0,01652 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-2}$ ) para o biodiesel e um viscosímetro Cannon-Fenske, capilar 150 ( $K = 0,03315 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-2}$ ) para o óleo vegetal e cronômetro digital.

O valor da viscosidade foi obtido multiplicando-se o tempo que o óleo demora a percorrer de um ponto a outro marcado no viscosímetro pela constante de calibração (K) do viscosímetro.

Estes ensaios foram realizados segundo as normas NBR 10441 e ASTM D 445.

**Massa Específica** - Foi utilizado o método do picnômetro para a realização das medições, baseado na norma NIE\_DIMEL-039, do INMETRO. O ambiente foi submetido à refrigeração de 20 °C . Em uma balança eletrônica com precisão de 4 casas decimais foi colocado um picnômetro de 50ml de massa conhecida e depois adicionado o óleo.

**Teor de água** - O teor de água foi determinado por meio do método de perdas por dessecação em estufa. Sendo pesados, aproximadamente, 5 gramas de cada óleo em um prato de metal e aquecidos a 105°C durante uma hora em estufa convectiva Nova Ética. Depois do aquecimento, as amostras foram tampadas e resfriadas até atingir a temperatura ambiente. Sendo pesadas novamente e o teor de água foi determinado pela diferença nas massas antes e depois de serem submetidos ao aquecimento em estufa (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

**Índice de Ácidos Graxos e Acidez** - Na determinação dos ácidos graxos livres, foi pesado  $3,0 \pm 0,2\text{g}$  da amostra de óleo residual e  $2,0 \pm 0,2\text{g}$  da amostra de óleo vegetal e biodiesel em um erlenmeyer e adicionado 30 mL de álcool etílico a 95 % no óleo residual e 20 ml no óleo vegetal e biodiesel, previamente neutralizado com solução aquosa de NaOH 0,1 N, utilizando 2,0 mL de solução etanólica de fenolftaleína a 1% como indicador. Em seguida foi titulado com solução aquosa de NaOH 0,01 N sob agitação constante, até coloração rósea persistente por 30 segundos e calculado o índice de ácidos graxos segundo a equação 1 (AOCS Ca5a-40, 2003).

$$\text{FFA}\% = \frac{[\text{NaOH}] \times V_a \times 28,2}{m_{\text{amostra}}} \quad (1)$$

Onde: FFA% = porcentagem de ácidos graxos livres; NaOH = concentração da solução tituladora (N);  $V_a$  = volume do titulador gasto na titulação (ml); e  $m_{\text{amostra}}$  = massa da amostra (g).

Para encontrar o índice de acidez, a porcentagem de ácidos graxos livres (FFA%) foi convertida utilizando a equação 2 (AOCS Ca 5a-40, 2003).

$$\text{Índice de acidez} = 1,99 \times \text{FFA}\% \quad (2)$$

**Análise Estatística** - Os resultados foram avaliados por meio de análise de variância e testes de comparação de médias de Tukey com o nível de significância de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item serão apresentados e discutidos os resultados obtidos das características físico-químicas dos biodieseis de soja, de milho e de girassol, de óleo residual de soja, de milho e de girassol e de suas respectivas matérias-primas.

### Viscosidade cinemática

Na TABELA 1 encontram-se os resultados para a viscosidade dos óleos vegetais e residuais e também da viscosidade dos biodieseis de óleo vegetal e residual de soja, de milho e de girassol.

Pela TABELA 1 não se pode afirmar que os óleos estão de acordo com o padrão estipulado pela legislação brasileira, visto que somente há padronização para o biodiesel, contudo os óleos vegetais de milho e de soja se encontram com viscosidade semelhante e o óleo de girassol possui viscosidade numericamente maior em comparação com os outros valores. Já os óleos residuais estão com resultados bem diferentes um do outro.

Pode-se verificar na TABELA 1 que as viscosidades dos óleos vegetais de soja e de milho são significativamente semelhantes entre si, assim como óleo vegetal de girassol e óleo residual de milho, entretanto há uma variação entre os outros óleos não apresentando semelhanças entre eles.

Verifica-se que os biodieseis (TABELA 1) estão dentro do limite estabelecido pela resolução nº7/08 da ANP, que se encontra entre 3 a 6 mm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>, tendo suas viscosidades bem semelhantes.

TABELA 1. Viscosidade cinemática (mm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>) dos óleos vegetais e residuais e dos biodieseis de soja, de milho e de girassol. **Kinematic viscosity (mm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>) of vegetable and residual oils and biodiesel from soybean, corn and sunflower.**

Óleo	Viscosidade Cinemática	Óleo Ultrassom	Viscosidade Cinemática
Vegetal Soja	32,6339 h	Vegetal Soja	32,3592 i
Vegetal Milho	32,6339 h	Vegetal Milho	32,1309 j
Vegetal Girassol	36,1015 e	Vegetal Girassol	34,3177 g
Residual Soja	47,0435 c	Residual Soja	45,6819 d
Residual Milho	36,0265 e	Residual Milho	35,7238 f
Residual Girassol	53,8751 a	Residual Girassol	52,2929 b
CV (%)	0,16	CV (%)	0,16
Biodiesel de Óleo Vegetal	Viscosidade Cinemática	Biodiesel de Óleo Residual	Viscosidade Cinemática
Soja	4,4176	Soja	4,3840
Milho	4,5543	Milho	4,5425
Girassol	4,5932	Girassol	4,5541

As médias seguidas pela mesma letra, nas colunas ou nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

### Massa Específica

A TABELA 2 apresenta os resultados do teste de média aplicado aos dados para a massa específica dos óleos vegetais e residuais e os resultados de massa específica dos biodieseis de óleos vegetais e residuais de soja, de milho e de girassol.

Depois de serem expostos ao ultrassom todos os óleos tanto os vegetais quanto os residuais mostraram semelhanças significativas entre si, conjuntamente com o óleo vegetal de milho antes de ser exposto ao ultrassom.

De acordo com a Resolução nº 7 /08 da ANP, os valores da massa específica devem estar entre 850 a 900 kg.m<sup>3</sup> para biodiesel. Com isto, obtemos que nos resultados da TABELA 2 todos os biodieseis estão dentro do padrão, com valores semelhantes entre si, sendo o menor o do biodiesel de óleo de soja com o valor de 880,1 kg m<sup>-3</sup> e o maior valor o de girassol residual com 884,7 kg m<sup>-3</sup>.

TABELA 2. Massa específica ( $\text{kg m}^{-3}$ ) dos óleos vegetais e residuais e dos biodieseis de soja, de milho e de girassol. **Specific mass ( $\text{kg m}^{-3}$ ) of vegetable and residual oils and of biodiesel from soybean, corn and sunflower.**

Óleo	Massa específica	Óleo Ultrassom	Massa Específica
Vegetal Soja	1340,6 a	Vegetal Soja	928,1 c
Vegetal Milho	927,0 c	Vegetal Milho	930,3 c
Vegetal Girassol	1329,7 a	Vegetal Girassol	944,1 c
Residual Soja	1323,8 ab	Residual Soja	933,1 c
Residual Milho	1292,3 b	Residual Milho	933,5 c
Residual Girassol	1354,6 a	Residual Girassol	936,1 c
CV (%)	1,33	CV (%)	1,33
Biodiesel óleo Vegetal	Massa Específica	Biodiesel de Óleo Residual	Massa Específica
Soja	880,1	Soja	883,8
Milho	883,4	Milho	883,8
Girassol	881,3	Girassol	884,7

As médias seguidas pela mesma letra, nas colunas ou nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade

### Teor de água

O valor de teor de água deve ser inferior a 0,5%, conforme Resolução nº 7 da ANP. Pode-se observar na TABELA 3 que todos os resultados do teor de água dos óleos vegetais e residuais de soja, de milho e de girassol, e seus respectivos biodieseis estão abaixo do limite estabelecido, e assim estão dentro do padrão da ANP.

Todos os óleos tanto vegetais quanto residuais mostraram teor de água de 0% (TABELA 3). Os biodieseis apresentaram uma pequena variação do teor de água entre eles (TABELA 3), sendo de 0,0179% para o de óleo vegetal de soja e 0,2767% para o de óleo de girassol residual.

TABELA 3. Teor de água do óleo vegetal e residual de soja, de milho e de girassol antes e depois de serem expostos no ultrassom e de biodiesel de óleo de soja, de milho, e de girassol e de óleo residual. **Moisture content of vegetable and residual oil of soybean, corn and sunflower before and after being exposed on ultrasound and biodiesel of soybean oil, corn, sunflower oil and residual oil.**

Óleo	Teor de água (%)	Óleo Ultrassom	Teor de água (%)
Vegetal Soja	0	Vegetal Soja	0
Vegetal Milho	0	Vegetal Milho	0
Vegetal Girassol	0	Vegetal Girassol	0
Residual Soja	0	Residual Soja	0
Residual Milho	0	Residual Milho	0
Residual Girassol	0	Residual Girassol	0
Biodiesel óleo vegetal	Teor de água (%)	Biodiesel de Óleo Residual	Teor de água (%)
Soja	0,0179	Soja	0,0346
Milho	0,1055	Milho	0,1583
Girassol	0,0541	Girassol	0,2767

### Índice de ácidos graxos e índice de acidez

A TABELA 4 apresenta os resultados de índice de ácidos graxos de soja, de milho e de girassol, dos óleos vegetais de soja, de milho e de girassol e seus respectivos óleos residuais, respectivamente, assim como depois de serem expostos ao ultrassom. E também os resultados do índice de ácidos graxos dos biodieseis de óleo vegetal e óleo residual de soja, de milho e de girassol. Os índices de ácidos graxos não possuem legislação para estipular seus limites, mas para se obter o índice de acidez é necessário determinar este índice, segundo as equações 1 e 2.

TABELA 4. Índice de ácidos graxos do óleo vegetal de soja, de milho e de girassol e estes depois de serem expostos no ultrassom. **Fatty acid content of soybean, corn and sunflower vegetable oil and these after exposure on ultrasound.**

Óleo Vegetal	Índice de Ácidos Graxos (%)	Óleo Vegetal Ultrassom	Índice de Ácidos Graxos (%)
Vegetal Soja	0,1551	Vegetal Soja	0,1313
Vegetal Milho	0,1407	Vegetal Milho	0,1237
Vegetal Girassol	0,1394	Vegetal Girassol	0,1163
Residual Soja	0,9455	Residual Soja	0,8884
Residual Milho	0,8664	Residual Milho	0,8480
Residual Girassol	0,8715	Residual Girassol	0,7209

  

Biodiesel de Óleo Vegetal	Índice de Ácidos Graxos (%)	Biodiesel de Óleo Residual	Índice de Ácidos Graxos (%)
Soja	0,1520	Soja	0,2945
Milho	0,1531	Milho	0,3017
Girassol	0,2077	Girassol	0,2234

O ideal para a produção de biodiesel é que o índice de acidez do óleo seja inferior a 2,0 mg KOH g<sup>-1</sup>, no entanto quando se trata da qualidade do biodiesel o valor limite do índice de acidez é de 0,5 mg KOH g<sup>-1</sup>.

A TABELA 5 possui os resultados de índice de acidez de óleos vegetais e residuais de soja, de milho e de girassol, antes e depois de serem expostos ao ultrassom, assim como o índice de acidez dos biodieseis de óleos vegetais e residuais de soja, de milho e de girassol.

TABELA 5. Índice de acidez do óleo vegetal de soja, de milho e de girassol antes e depois de serem expostos no ultrassom. **Acidity index of soybean, corn and sunflower oil before and after exposure on ultrasound.**

Óleo	Índice de Acidez (mg KOH g <sup>-1</sup> )	Óleo Ultrassom	Índice de Acidez (mg KOH g <sup>-1</sup> )
Vegetal Soja	0,30	Vegetal Soja	0,26
Vegetal Milho	0,28	Vegetal Milho	0,24
Vegetal Girassol	0,27	Vegetal Girassol	0,23
Residual Soja	1,72	Residual Soja	1,68
Residual Milho	1,88	Residual Milho	1,76
Residual Girassol	1,73	Residual Girassol	1,43

  

Biodiesel de Óleo Vegetal	Índice de Acidez (mg KOH g <sup>-1</sup> )	Biodiesel de Óleo Residual	Índice de Acidez (mg KOH g <sup>-1</sup> )
Soja	0,31	Soja	0,58
Milho	0,32	Milho	0,60
Girassol	0,41	Girassol	0,44

Os valores do índice de acidez do óleo tanto vegetal quanto residual (TABELA 5) estão abaixo do limite estipulado, destacando-se o óleo de girassol depois de ser exposto ao ultrassom com o menor valor (0,23 mg KOH g<sup>-1</sup>). Já os valores de biodieseis residuais de soja e de milho (TABELA 5) estão acima do valor com 0,58 e 0,60 mg KOH g<sup>-1</sup>, respectivamente, e o residual de girassol está abaixo 0,44 mg KOH g<sup>-1</sup>, assim como os biodieseis de óleo vegetal de soja, de milho e de girassol.

Deve-se tomar cuidado na escolha do local onde é coletado o óleo residual, pois, quanto mais usado maior o risco de suas características ultrapassarem os limites estabelecidos pela Resolução n° 7/08.

## CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos conclui-se que o ultrassom muda as características físico-químicas das matérias primas, diminuindo seus valores, obtendo o melhoramento destas para a produção de biodiesel.

Em geral as características dos óleos são similares, entretanto os óleos residuais possuem valores de suas características maiores que os óleos vegetais.

A obtenção de biodiesel dos óleos vegetais e residuais foi satisfatória, sendo que somente os índices de acidez dos biodieseis residuais de soja e de milho estão acima do limite das normas da ANP, havendo uma preocupação com o excesso de fritura com o óleo.

## AGRADECIMENTOS

Ao REUNI pela concessão da bolsa de estudos.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Resolução N° 07** de 19 de março de 2008. Fica estabelecida no Regulamento Técnico ANP, parte integrante desta Resolução, a especificação do biodiesel a ser comercializado pelos diversos agentes econômicos autorizados em todo o território nacional.

AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY (AOCS). **Official and tentative methods**, 5.ed., Chicago, 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 445**: Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity). 2012. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10441**: Produtos de Petróleo – líquidos transparentes e opacos – Determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica. Rio de Janeiro, 2002. 14p.

BIODIESEL TECHNOTES. **Faster Biodiesel Processing with Ultrasound-Assisted Reactors**. Department of Biological and Agricultural Engineering at the University of Idaho. Idaho/EUA: 2012.

BRASIL. **LEI N° 11.097**, de 13 de Janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nos 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências.

BRAZ, A. J. L. **Produção e Caracterização de Óleo Vegetal e Biodiesel de Girassol e de Pinhão-Manso**. Dissertação de mestrado, Programa Francisco Eduardo Mourão Saboya de pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFF, Niterói, RJ, Brasil, 2011.

INMETRO. **Determinação de massa específica utilizando o picnômetro no exame de mercadorias pré-medidas**. Norma n. NIE-DIMEL-039. 2011. 3 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Edição IV. 1ª Edição digital. São Paulo. p. 98-99. 2008

OFUCHI, C.Y; DACIUK, R.J; TRABAQUINI, G.D.P.; ARRUDA, L.V.R.; NEVES JR., F. Caracterização do Biodiesel Através de Medidas de Impedância Acústica. In: Congresso de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás, 5, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza/CE: Associação Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás, 2009.

SILVA, P. R. F. da; FREITAS, T. F. S. de. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.3, p. 843-851, mai-jun, 2008.