

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE SEMENTE VERDE DE OITICICA E PRODUÇÃO DO SEU BIODIESEL, UTILIZANDO IODO COMO CATALISADOR

Antônio Alex de Lima Silva*, Luiz Di Souza, Anne Gabriella Dias Santos, Luiz Gonzaga de Oliveira Matias.

Departamento de Química, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Campus Central, Costa e Silva, Mossoró, RN, 59610-090, Brasil.

RESUMO

A Oiticica é uma espécie típica de matas ciliares da caatinga verdadeira. Sua amêndoa constitui cerca de 70 % do fruto e contém de 60 a 63 % de óleo que em sua composição química, apresenta, principalmente, os ácidos graxos linoléico (70 a 80%) e o linolênico (10 a 12%). Não se encontrou na literatura trabalhos a respeito do óleo da semente da oiticica verde, não se sabendo se sua composição é igual à do óleo da semente madura. Assim, o presente trabalho buscou estudar e avaliar as propriedades físico-químicas do óleo de oiticica extraído da semente verde, bem como testar o mesmo na produção de biodiesel, utilizando o iodo como catalisador heterogêneo. As sementes foram coletadas, descascadas e secas. A extração se deu a quente, em sistema soxhlet com n-hexano, por um período de 4 h. O óleo foi caracterizado e posteriormente transesterificado e esterificado utilizando iodo como catalisador. Os resultados mostraram que as propriedades do óleo e biodiesel de semente verde são diferentes das do óleo com semente madura. A reação de transesterificação é menos eficiente que a esterificação utilizando óleo extraído da semente verde, sendo que nesta a conversão é de 87,3% em 6 horas de reação.

Palavras-chave: Semente verde; óleo da oiticica; Biodiesel.

*E-mail: alex_rodrigues15@hotmail.com

EVALUATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF OIL SEED OF OITICICA GREEN AND THE PRODUCTION OF BIODIESEL USING IODINE AS CATALYST

ABSTRACT

The Oiticica is a species typical of riparian forests of true savanna. Its kernel is about 70% of the fruit and contains 60-63% oil in their chemical composition which presents mainly the licanic fatty acids (70 to 80%) and linolenic (10 to 12%). Not found in literature about the seed oil of myrtle green, not knowing if their composition is equal to that of the mature seed oil. Thus, this work seeks to study and evaluate the physicochemical properties of the extracted green myrtle seed oil as well as test the same in the production of biodiesel using iodine as a heterogeneous catalyst. Seeds were harvested, peeled and dried. The extraction was made hot in Soxhlet with n-hexane system, for a period of 4 h. The oil was characterized and subsequently esterified and transesterified using iodine as catalyst. The results showed that the properties of green oil and biodiesel are different from the seed oil of the mature seed. The transesterification reaction is less efficient than using the esterification green oil extracted from the seeds, and this conversion is 87.3% at 6 hours of reaction.

Keywords: Green seed; Oiticica oil; Biodiesel.

INTRODUÇÃO

O petróleo é um elemento de influência nas relações geopolíticas contemporâneas, desde quando se tornou a matriz energética básica da sociedade industrial e um elemento fundamental para o funcionamento da economia moderna (Barros, 2007; Suarez e Meneghetti, 2007; Dabdoub e Bronzel, 2009). Porém, desde o surgimento dos movimentos ambientalistas e, principalmente, após a crise do petróleo da década de 1970, vem-se discutindo alternativas energéticas em substituição às fontes de origem fósseis. Nesse sentido foi criado o Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL) (Brasil, 2004), com o objetivo de incentivar a produção e o consumo de álcool como combustível no Brasil. Da mesma forma, a produção e o

consumo de biodiesel no Brasil foram determinados por meio da Medida Provisória nº. 214/2004 (Brasil, 2004), convertida na Lei nº. 11.097/05 (Brasil, 2005). Essa lei, contida no Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) (Mattei, 2008), pode ser considerada como um marco na história do biodiesel no Brasil, uma vez que é a partir dela que o biodiesel encontra sustentáculo jurídico na legislação brasileira. Neste sentido o biodiesel apresenta-se como alternativa energética, devido ao fato de ser um combustível renovável e biodegradável, podendo substituir o diesel mineral sem necessidade de nenhuma modificação nos motores dieleis já existentes (Barros, 2007; Ramos *et al*, 2011).

No Brasil, cerca 70% à 85% da produção nacional de biodiesel é oriundo do óleo extraído da semente de soja, mas as alternativas para produção de óleo são diversas e dependem da espécie cultivada em cada região. No Nordeste, algumas oleaginosas se destacam por serem adaptáveis ao clima semiárido como é o caso da mamona, pinhão manso, moringa, oiticica dentre outros. Esta última é uma espécie típica de matas ciliares da caatinga verdadeira, da caatinga do sertão, Seridó, do agreste piauiense e dos litorais cearense e norte rio-grandense, também ocorre nas bacias hidrográficas do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba, principalmente no Sertão e em altitude de 50 até 300 m. (Pinto, 1963) Os vales nordestinos mais densamente florestados com a oiticica (*Licania rigida Benth*) são: o do Paraíba, do Acaraú, do Jaguaribere, do Açu, do Apodi, do Ipanema, do Piancó, do Piranhas e do rio do Peixe (Duque, 2004; Melo *et al*, 2009). Segundo Pinto, 1963, a amêndoa da oiticica da semente madura constitui cerca de 70 % do fruto e contém de 60 a 63 % de óleo.

No que se diz respeito à oiticica não se encontra na literatura trabalhos que avaliem o óleo da semente da oiticica verde, não se sabe se a composição citada por PINTO, 1963 prevalece, onde maior parte é constituída dos ácidos graxos licânico (70 a 80%) e o linolênico (10 a 12%), com pequenas quantidades de ácido oleico, palmítico e esteárico. Fato que deve ser mais estudado, visto que essa espécie pode ser importante para a sustentabilidade do biodiesel no Semiárido, aliado ao fato da época de colheita da semente ser realizada entre os meses de dezembro a fevereiro, período de total escassez de renda para a agricultura familiar (Monteiro, 2007; Palmeira, 2006; Sluszz, 2006; Diniz, *et al*, 2008).

No que se diz respeito ao biodiesel, o principal método de produção deste é a transesterificação. (Cordeiro *et al*, 2011; Helwani *et al*, 2009). Neste processo, um mol de

triacilglicerol reage com três mols de álcool, usualmente o metanol ou o etanol, na presença de um catalisador, geralmente KOH. Outra forma de obtenção do biodiesel é através da esterificação, onde a primeira etapa do processo consiste na hidrólise básica do óleo, após tal se obtém os ácidos graxos, estes são submetidos a um processo de esterificação onde são convertidos em biodiesel, na presença de metanol ou etanol, utilizando o ácido sulfúrico como catalisador.

Ambos os processos mostrados são realizados via catalise homogênea, a básica para a transesterificação e a ácida para esterificação, sendo que as suas lavagens produzem vários resíduos nocivos ao meio ambiente. A rígida regulamentação ambiental e a legislação que restringe o uso e armazenamento excessivo de produtos químicos nocivos têm sido temas centrais das preocupações da indústria química. Existe, também, a crescente restrição ao uso das reações tradicionais com catalisadores homogêneos convencionais, devido aos seus problemas inerentes, como custo separação, manipulação, descarte, entre outros (Gallo, 2005). Por esta razão, catalisadores heterogêneos vêm sendo utilizados na produção do biodiesel com notórias vantagens técnicas e ambientais, pois idealmente facilitam a purificação dos monoésteres, possibilitam a reutilização do catalisador e minimizam a geração de resíduos poluentes (Faria, *et al*, 2003; Galvão, *et al*, 2012).

Várias classes de compostos químicos têm sido propostos como catalisadores heterogêneos em potencial para a produção do biodiesel e, entre estes, pode-se citar: zeólitas, óxidos inorgânicos, sais inorgânicos, compostos de coordenação, resinas trocadoras de íons, líquidos iônicos, ácidos orgânicos, bases orgânicas, hidróxidos duplos lamelares (HDLs) e óxidos estruturas oriundos da calcinação de HDLs, hidroxissais lamelares e carboxilatos lamelares (Barros, 2007). Em geral, a ação catalítica destes materiais se deve a sítios ácidos de Brønsted Lowry e/ou a sítios ácidos ou básicos de Lewis. Dentre os materiais citados encontra-se o Iodo, um sólido que ainda é pouco estudado na reações de produção de biodiesel como catalisador heterogêneo, sendo que nos poucos trabalhos existentes fica explícito que a técnica requer um aperfeiçoamento, devido ao longo tempo de reação e as poucas publicações, o que mostra que ainda tem muito a ser estudado sobre tal catalisador (Araújo *et al*, 2011; Souza *et al*, 2010).

Tendo em isso conta, este trabalho estudou as propriedades físico-químicas do óleo de oiticica extraído da semente verde, bem como testou o mesmo na produção de biodiesel, utilizando o iodo como catalisador heterogêneo em processos de transesterificação e esterificação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta, tratamento das sementes e obtenção do óleo de oiticica

As sementes foram coletadas no mês de fevereiro de 2014 na comunidade de Lagoa de Paus, situada da zona rural do município de Mossoró. As sementes de oiticicas foram coletadas ainda verdes e em seguida foram lavadas com água corrente e seca em estufa a 60 °C por 96 h. Posteriormente foram descascadas e trituradas mecanicamente em liquidificador industrial. A extração do óleo foi realizada a quente, em sistema soxhlet com n-hexano por um período de 4 h. O óleo foi purificado através da sua concentração num evaporador rotativo a pressão reduzida (Oliveira *et al.*, 2012).

Caracterizações físico-químicas do óleo oiticica

A caracterização do óleo foi realizada no laboratório de catalise ambiente e materiais (LACAM). Foram realizadas as análises de densidade (por picnometria), índice de acidez, índice saponificação, água e sedimentos, ácidos graxos livres, Índice de iodo, índice de peróxido, Viscosidade cinemática, ponto de fulgor. (Carvalho *et al.*, 2002; Knothe *et al.*, 2006, Santos, 2010)

Caracterização Termogravimétrica (TG/DTG) dos materiais

Para avaliar a conversão do óleo em biodiesel e caracterizar os materiais foram utilizadas as análises térmicas usando as técnicas termogravimétricas (TG/DTG) Para tal foi utilizado um analisador térmico da marca STA 449F3-Júpiter, na faixa de temperatura de 30 a 800 °C, com razão de aquecimento de 10 °C/min, sob atmosfera inerte de nitrogênio,

utilizando um cadinho de alumina com aproximadamente 5 mg de amostra (Oliveira *et al*, 2011; Oliveira *et al*, 2012).

Obtenção do Biodiesel de oiticica

Transesterificação

As reações de transesterificação foram realizadas utilizando óleo de oiticica e metanol na razão molar 1:10, iodo como catalisador na concentração de 1,5 % em peso. Todas as reações foram realizadas em um reator de vidro de 250 mL, acoplado a um condensador em refluxo e um agitador magnético, sob pressão atmosférica (Gallo, 2005). A temperatura utilizado foi de aproximadamente 70°C, os tempos de reação foram 2h, 4h, 6h, 8h e 12h. Após a reação, a mistura reacional foi colocada em um funil para separação das fases e depois de 24 h, a glicerina foi separada e os ésteres foram lavados com uma solução saturada de tiosulfato de sódio até a completa retirada do iodo metálico. A fase do biodiesel foi extraída com éter, que posteriormente foi eliminado em um evaporador rotativo a pressão reduzida, para completa eliminação do éter, e em seguida submetida a uma secagem química via filtração com sulfato de sódio para a retirada de algum resíduo de água adquirida no processo.

Hidrolise seguida de esterificação

A hidrolise do óleo foi realizada com hidróxido de sódio na razão de 1:3 e etanol como solvente. As reações foram realizadas em um reator de vidro de 250 mL, acoplado a um condensador em refluxo e um agitador magnético, sob pressão atmosférica, durante um período de 2 h, após a reação, a mistura reacional foi colocada em um funil de separação, separando-se o glicerol e a água do meio. Os ácidos graxos foram submetidos ao processo de esterificação. Para tal processo utilizou se os ácidos graxos obtidos na razão 1:1 com metanol, utilizando 1,5% de iodo como catalisador. A reação foi realizado em um balão de vidro de 250 ml acoplado a um condensador em refluxo e um agitador magnético sob pressão atmosférica, durante 6 horas de reação. Após a reação foi feita a purificação do biodiesel de maneira semelhante ao usado na transesterificação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Oliveira, (2012) as sementes de oiticica madura apresentou teor de óleo 65 %, sendo que o teor obtido para as sementes verdes neste trabalho foi de aproximadamente 35%. Esse resultado mostra que a semente verde tem aproximadamente 50% a menos de óleo do que as sementes maduras. Mesmo assim a verde já contém uma quantidade substancial de triglicerídeos, se comparada à outras oleaginosas, como, algodão (15%) e a soja (18%) que, atualmente, são utilizados na produção comercial de biodiesel (Araújo e colaboradores, 2010(a)). A tabela 1 mostra as propriedades físico-químicas do óleo extraído da semente verde em comparação com as mesmas propriedades do óleo da semente madura, indicando diferenças notórias na qualidade dos óleos.

Tabela 1: Caracterizações físico-químicas dos óleos extraído das sementes verdes e maduras de oiticica.

Análise	Semente Verde	Semente Madura (Oliveira, 2012)
Teor de óleo (%)	35%	65%
Índice de acidez (mg KOH/g)	1,39	1,53
Ácidos Graxos Livres (%)	6,43	0,421
Índice de saponificação (mg KOH/g)	198,39	162,41
Índice de Iodo (g de iodo /100g)	42,435	43,58
Índice de peróxido (mEq/Kg)	79,27	-
Viscosidade Cinemática (mm ² /s)	23,075	-
Ponto de Fulgor	231	-
Ponto de combustão (°C)	315	-
Água e sedimentos (%)	0	0
Densidade (g/cm ³)	0,9515	0,949

A análise do índice acidez mostra que a acidez do óleo da semente verde é menor que o da semente madura. Apesar da sua acidez ainda estar elevada, se comparadas com oleaginosas como soja, algodão (Araújo et al, 2010 (b)) que possuem acidez mais baixa. Uma acidez

elevada, indica uma acentuada presença de ácidos graxos livres, e neste caso a matéria-prima deve passar por um tratamento prévio, para poder ser utilizada, fato que é confirmado no alto valor obtido para a análise de ácidos graxos livres (AGL), fato que indica que a qualidade do óleo está comprometida por impurezas. Isso deixa claro a necessidade da realização um processo de neutralização do óleo, hidrólise ou aumento da quantidade de catalisador para a produção de biodiesel. Apesar da acidez mais alta no óleo da semente madura, o AGL é menor, o que denota que o material possui menos interferentes para a reação de transesterificação.

O índice de saponificação é definido como a massa em mg de hidróxido de potássio necessária para saponificar os ácidos graxos, sendo inversamente proporcional ao peso molecular médio dos ácidos graxos presentes (DANTAS, 2006; SANTOS, A. G. 2010). A saponificação da semente verde é superior ao da madura, o que mostra que esta possui mais compostos de menor massa molecular. Este resultado indica que formação de compostos de maior massa molecular ocorre com o amadurecimento da semente.

O índice de iodo está diretamente relacionado com o total de insaturações de um material lipídico, ou seja, o índice de iodo aumenta com o aumento na proporção de insaturações (BOUAID et al., 2007). Essa análise confirma a presença de duplas ligações nos ácidos graxos presente no óleo de oiticica verde e no maduro. O valor obtido para ambos os óleos indica a presença de duplas conjugadas, advindo do seu principal, ácido graxo, o licânico. Foi observado que o óleo bruto tem tendência à solidificação e em temperatura ambiente e se tornar mais viscoso e em temperaturas menores e se separa em duas fazes de diferentes densidades e aspecto físico.

As viscosidades de óleos de oleaginosas possuem valores elevados, o que já é esperado, uma vez que apresentam cadeias grandes e de elevadas massas moleculares que facilitam o entrecruzamento e dificultam o movimento (ALPTEKIN; CANAKCI, 2008). Não foi diferente com a oiticica, com o óleo sendo muito viscoso, pode dificultar a reação de transesterificação, por dificultar a homogeneização, o que em geral é resolvido, aumentando a razão óleo/álcool ou fazendo reação heterogênea ou ácida. A densidade e os pontos de fulgor e de combustão confirmam as propriedades discutidas acima. Para estes quanto maior for o peso molecular, maior será a energia necessária para produzir uma faísca (fulgor) ou para entrar em combustão.

Cabe ressaltar que valores muito elevados implicam em dificuldade maior na queima do combustível e trabalho do motor sob temperaturas mais altas, o que poderia refletir em maior desgaste das peças dos automóveis (SANTOS, 2010). Ambos os óleos estão isentos de água e sedimentos, o que é relevante, pois mostra que o pré tratamentos das sementes foi eficiente.

Análise térmica do óleo da semente verde mostrou uma única perda de massa, esta é referente a volatilização dos ácidos graxos presentes na mesma, porém o pico observado na DTG, é alargado e em temperaturas maiores que o material hidrolisado, o que indica que além de ácidos graxos, o óleo pode conter impurezas que não interessam em uma possível reação de transesterificação como pode ser observado nas figura 1(a) e 2(a).

Reações de transesterificação

As reações foram realizadas com iodo como catalisador e diferentes tempos, visto que os poucos trabalhos da literatura usam de 24 horas. A melhor conversão foi obtida no tempo de 6 horas de reação, porém nos tempos de 4, 8 e 12h a conversão foi praticamente igual. A figura 1(b) representa o comportamento típico de todas as amostras sintetizadas. O primeiro pico, é referente a volatilização do Biodiesel formado e corresponde a aproximadamente 37% da massa, o que indica que foi a % convertida em biodiesel. A segunda perda é referente a impurezas e óleo que não reagiu na reação. Os Resultados obtidos mostram que a transesterificação não é uma boa alternativa para produção de biodiesel, devido à baixa conversão o que provavelmente, se deve e a presença impurezas não reativas, conforme se verificou nas análises físico-químicas.

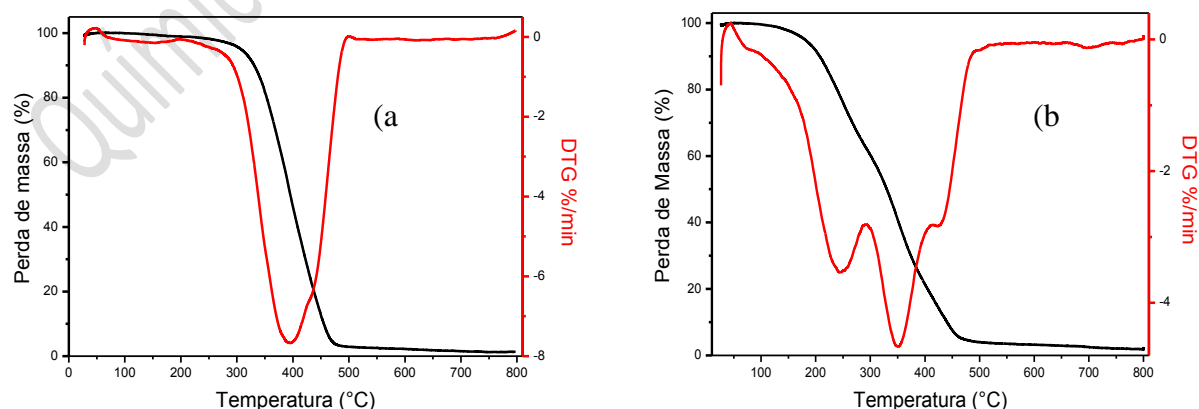


Figura 1: (a) Curvas TG e DTG do óleo de oiticica (b) Curvas TG e DTG do Biodiesel de oiticica 4h.

Hidrolise seguida de esterificação

Afim de obter conversões melhores se realizou uma hidrolise seguida de uma esterificação, o tempo de hidrolise foi de 2 horas e a esterificação foi realizada 6 horas. No processo de hidrólise o glicerol e a água foram separados do meio e eliminados junto com os ácidos graxos livres e outras impurezas que influenciam de forma negativa a reação, o que resultou num material mais puro, como mostra a análise de TG/DTG na figura 2(a), onde o primeiro pico é devido aos ácidos graxos presentes no óleo e os outros picos são referentes, provavelmente a impurezas de maior massa molar e ou estrutura diferente e mais fortemente ligada. Observe que em comparação com o óleo bruto (figura 1(a)), a quantidade desses materiais de maior massa molar é significativamente diminuída.

Os ácidos graxos foram submetidos a esterificação, utilizando iodo como catalisador heterogêneo ácido. Com base na análise termogravimétrica mostrada na figura 2(b), a conversão por esse método foi superior à transesterificação. No gráfico da DTG são observados 2 picos, o primeiro é referente ao ésteres metílicos, o pico indica que naquela faixa de temperatura, cerca de 83,7% de massa é perdida indicando ser este o % de conversão obtido. Assim como na figura 2(a), na DTG aparece um segundo pico referente a impurezas ou biodiesel de maior massa molar ou diferente estrutura molecular, ou seja, o biodiesel obtido não é estruturalmente homogêneo.

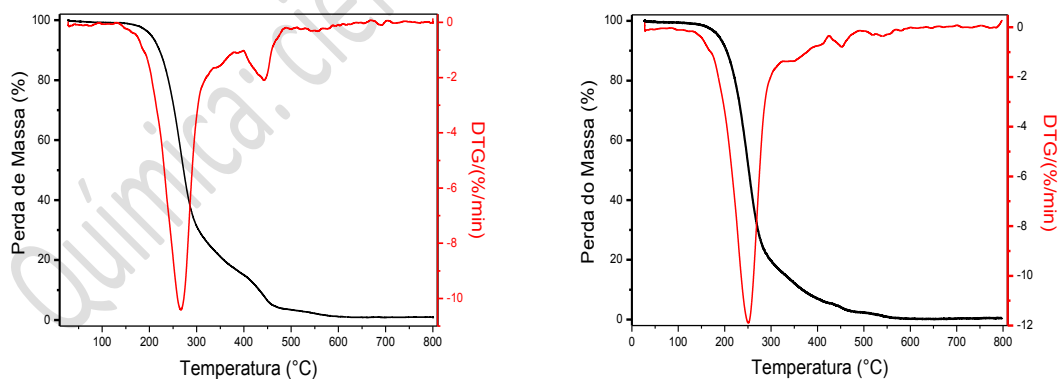


Figura 2: (a) Curvas TG/DTG do óleo hidrolisado (b) Curvas TG/DTG do Biodiesel obtido via esterificação do óleo hidrolisado.

A maior conversão mostra que essa rota é mais eficiente para se trabalhar com óleo da semente verde, utilizando iodo como catalisador do que a transesterificação e o resultado obtido é semelhante ao obtido usando como catalisador a esterificação tradicional com ácido sulfúrico, o que é pertinente quando se leva em consideração a questão ambiental, visto que o iodo é muito menos agressivo ao meio ambiente que ácido sulfúrico que é tradicionalmente utilizado na reação.

CONCLUSÕES

A obtenção de materiais oleaginosos a partir da maniçoba do Ceará (*Manihot glaziovii* Muell. Arg.) por três vias de extração, mostraram resultados que variaram de 30,8 a 45,0% quanto ao rendimento em óleo. Estes resultados preliminares credenciam a maniçoba do Ceará como uma planta com potencial para a produção de biodiesel, quando comparada a outras oleaginosas já pesquisadas com este propósito. Os rendimentos das reações de transesterificação realizadas via catálise alcalina com KOH e NaOH e rotas metílicas e etílicas, mostraram valores que variaram de 69 a 81%, com predominância para as rotas metílicas catalisadas com KOH. Considerando estes bons rendimentos, e se a planta for cultivada de forma adequada, a maniçoba pode ser uma excelente fonte de renda para o povo do Nordeste do Brasil.

AGRADECIMENTOS

À FUNCAP-CE pela bolsa concedida, ao CENAUREM pelas análises de RMN.

REFERÊNCIAS

[1] PANDEY, A.; Handbook of Plant-Based Biofuels. CRC Press, Boca Raton, Florida - USA. 2009.

- [2] PARENTE, E. J. S.; Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. 2003. Disponível em: <<http://www.xitizap.com/Livro-Biodiesel.pdf>>. Acesso em 9 janeiro 2015.
- [3] TEIXEIRA, M. C.; TAOUI, D. S. G.; Vértices, 2010, 12(3), p. 17-40.
- [4] KNOTHE, G.; Journal of the American Oil Chemists Society, 2006, 10, 823 – 833.
- [5] ASTM - American Society for Testing and Materials, Norma ASTM D 6751, Standard Specification for Biodiesel Fuel (B100) Blend Stock for Distillate Fuels, 2002.
- [6] GHESTI, G. F.; Quim. Nova, 2012, 35(1), 119-123.
- [7] MARTINS, M. I.; PIRES, R. F.; ALVES, M. J.; HORI, C. E.; REIS, M. H. M.; CARDOSO, V. L.; Chemical Engineering Transactions, 2013, 32, 817-822. DOI: 10.3303/CET1332137
- [8] YIJUN LIU, E. L.; LOPEZ, D. E.; SUWANNAKARN, K.; BRUCE, D. A.; GOODWIN, J. G.; Ind. Eng. Chem. Res. 2005, 44, 5353-5363. CANAKCI, M.; GERPEN, J. V.; Transactions of the ASAE, 1999, 42(5): 1203-1210.
- [9] GHALY, A. E.; DAVE, D.; BROOKS, M. S.; BUDGE, S.; American Journal of Biochemistry and Biotechnology, 2010, 6 (2) 54-76.
- [10] LEE, H. V.; JUAN, J. C. J.; ABDULLAH, N. F. B.; NIZAH, R.; TAUFIQ-YAP, Y. H.; Chemistry Central Journal, 2014, 8(30), 2-9.
- [11] MEHER, L. C.; SAGAR, D. V.; NAIK, S. N.; Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2004, 1-21.
- [12] MA, F.; CLEMENTS, L. D.; HANNA, M. A.; Bioresour Technol, 1999, 289-293.

- [13] STAMENKOVIC, O. S.; LAZIC, M. L.; TODOROVIC, Z. B.; VELJKOVIC, V. B.; SKAL, D. U.; *Bioresource Technology*, 2007, 98, 2688–2699.
- [14] MA, F.; CLEMENTS, L. D.; HANNA, M. A.; *Transactions of the ASAE*, 1998, 41(5), 1261-1264.
- [15] HOLANDA, A.; *Biodiesel e Inclusão Social; Câmara dos Deputados – Coordenação de Publicação (Cadernos de Altos Estudos)*, Brasília, DF, 2004.
- [16] PERES, J. R. R.; FREITAS Jr, E.; GAZZONI, D. L.; *Revista de Política Agrícola*, 2005, 5, 31-41.
- [17] TEIXEIRA, J. P. F.; *Bragantina*, 1987, 46(2), 431-434.
- [18] ALVES, G. S.; OLIVEIRA, L. C. P.; PORTO, A. G.; SILVA, F. S.; SILVA, F. T. C.; NEVES, E.; *Revista Hestia Citino – Ciência, Tecnologia, Inovação e Oportunidade*, 2012, 2(3), 30.
- [19] IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz*. 4.ed. São Paulo-SP, 2008.
- [20] REYES-TREJO, B.; GUERRA-RAMÍREZ, D.; HOLBER ZULETA-PRAD, H.; CUEVAS-SÁNCHEZ, J. A.; REYES, L.; REYES-CHUMACERO, A.; RODRÍGUEZ-SALAZAR, J. A.; *Industrial Crops and Products*, 2014, 52, 400– 404.
- [21] NEHDI, I. A.; SBIHI, H. M.; MOKBLI, S.; RASHID, U.; AL-RESAYES, S. I.; *Industrial Crops and Products*, 2015, 69, 257–262.
- [22] ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. Brasília 2005. <www.anp.gov.br> Acessado em 30 de janeiro de 2015.

[23] TARIQ, M.; ALI, S.; AHMAD, F.; AHMAD, M.; ZAFAR, M.; KHALID, N.; KHAN, M. A.; *Fuel Processing Technology*, 2011, 92, 336–341.

[24] MA, F.; HANNA, A. M.; *Bioresource Technology*, 1999, 70, 1-15.

Química: ciência, tecnologia e sociedade