

ESTUDO DA SÍNTESE DE BIODIESEL DE ÓLEO DE COCO BRUTO

P. V. S. SILVA¹, E. L. GALVÃO¹, R. H. R. CARVALHO¹, S. P. SILVA² e A. G. C. ROSAL³

¹ Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Departamento de Ciências Exatas, Tecnológicas e Humanas e Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas

² Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns

E-mail para contato: elgalvao@ufersa.edu.br

RESUMO – Nesse trabalho estudou-se o uso do óleo de coco bruto na produção de biodiesel, avaliando o efeito das variáveis: razão molar óleo/álcool, temperatura do sistema reacional e percentagem de catalisador no rendimento da reação de transesterificação. O biodiesel de coco foi produzido via catálise básica, tendo como catalisador o hidróxido de sódio. O rendimento da reação variou de 36,2 a 84,1% e os resultados mostraram que as variáveis que apresentaram maior efeito sobre o rendimento da reação de transesterificação do óleo de coco foram o percentual de catalisador e a razão molar óleo/álcool.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, a sociedade tem se preocupado cada vez mais com a questão ambiental, principalmente motivada pelas transformações climáticas que vem ocorrendo em nosso planeta nas últimas décadas. Tais transformações tem resultado em desastres naturais, agravados pelo crescente aquecimento global, o qual é decorrente de diversas causas, entre elas, a emissão de gases poluentes oriundos da queima de combustíveis, tanto na indústria quanto na crescente frota de veículos automotores (Machado Neto, 2011).

É conhecido que a queima dos combustíveis derivados do petróleo, denominados de combustíveis fósseis, são um dos maiores contribuintes para a emissão dos gases que poluem o nosso planeta. Além disso, o petróleo é não renovável, o que põe em risco a dependência dessa fonte de energia. Estes fatores levam a busca de pesquisas para fornecer fontes de energia alternativas que possam suprir as necessidades energéticas da população mundial.

Neste aspecto, os biocombustíveis apresentam vantagens frente aos combustíveis fósseis uma vez que, além de renováveis e menos poluentes, quando produzidos a partir de fontes vegetais ainda podem contribuir com a retirada de dióxido de carbono da atmosfera. Tal efeito é resultado do processo natural de fotossíntese da planta, que consome CO₂ para ocorrer. Além disso, os biocombustíveis podem ser produzidos a partir de diferentes culturas vegetais, o que aumenta consideravelmente as alternativas para a produção destes combustíveis alternativos (Fontana, 2011).

No Brasil, os primeiros passos para a regulamentação do uso do biodiesel se deram em setembro de 2004, o que tem estimulado as pesquisas de produção do biodiesel utilizando diversas oleaginosas nacionais, como a soja, milho, algodão, mamona, girassol, coco e dendê (Araújo, 2008).

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma espécie de origem asiática, que foi introduzida no Brasil em 1553. Atualmente se apresenta naturalizado em longas áreas da costa nordestina (Souza et al., 2012). Dentre os estados brasileiros, os principais produtores são a Bahia, Sergipe e o Rio Grande do Norte, que aparece como o terceiro maior produtor do país. As variedades mais comuns no Brasil são o coqueiro gigante, o anão e o híbrido, o qual é proveniente do cruzamento natural ou artificial entre as variedades gigante e anão. Entretanto a variedade gigante é predominante no país (Araújo, 2008). A produção existente proporciona abundante matéria-prima tanto para as agroindústrias regionais quanto para uso alimentício. Porém, talvez em função do clima tropical, no Brasil o coco é bastante consumido imaturo para o aproveitamento da água (Souza et al., 2012), entretanto o mesmo constitui-se numa fonte oleaginosa perene de grande potencial, uma vez que o conteúdo de óleo na polpa é superior a 60%, o que equivale a uma produção de 500 a 3000 Kg de óleo/ha (Mazzani, 1963 apud Araújo, 2008).

Nesse sentido pretende-se estudar o uso do óleo de coco bruto na produção de biodiesel, com vistas a fornecer dados de rendimento da reação do biodiesel produzido a partir desta cultura oleaginosa, a qual é bastante comum na região Nordeste.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Aquisição da matéria-prima (óleo de coco bruto)

O coco (da variedade gigante) utilizado para produção do óleo foi fornecido por um produtor do município de Angicos-RN. A produção do óleo de coco foi realizada através de fervura com água. O óleo bruto obtido foi filtrado e armazenado para posterior caracterização.

Análises cromatográficas: A determinação da composição química do óleo de coco seguiu a metodologia descrita por Araújo (2008). A identificação dos componentes foi acompanhada pela injeção dos padrões dos componentes majoritários do óleo de coco (conforme ANVISA, 1999) e pela determinação do tempo de retenção de cada composto. Com base na composição química do óleo determinou-se o peso molecular médio do óleo de coco.

2.2. Síntese do biodiesel

Aparato experimental: O aparato experimental utilizado para a síntese do biodiesel pode ser visto na Figura 1. Consistiu em um balão de fundo chato de 250 mL (imerso em um banho-maria), acoplado a um condensador tipo espiral de aproximadamente 45 cm. A reação foi agitada mecanicamente através de um agitador mecânico com medidor de temperatura acoplado (LOGEN SCIENTIFIC, Modelo: LS59D-220-400-VC), através do qual a agitação da mistura e a temperatura reacional foram monitoradas.



Figura 1 - Aparato utilizado na síntese do biodiesel.

Planejamento experimental: Para determinar as condições experimentais que maximizam a síntese do biodiesel de óleo de coco foi realizado um planejamento experimental fatorial 2^3 (de 3 variáveis variando em dois níveis), com triplicata no ponto central. As variáveis estudadas foram: razão molar óleo/álcool, temperatura do sistema reacional e porcentagem de catalisador.

A Tabela 1 apresenta o intervalo de estudo das variáveis e a Tabela 2 os dados do planejamento experimental. O intervalo de estudo das variáveis foi definido com base nos estudos de Araújo (2008) e Eevera et al., (2009), que também pesquisaram o uso do óleo de coco para produção de biodiesel.

Tabela 1 - Intervalo de estudo das variáveis do planejamento experimental

Variável	Intervalo
Razão molar óleo/álcool (metanol) [RM]	1:4 -1:8
Temperatura [T] (°C)	40-60
Percentual de catalisador [Cat] (%)	1-2
Ponto central:	R= 1:6; T=50°C; C=1,5%

A massa do metanol (g) necessária para se obter cada razão molar do planejamento experimental (1:4, 1:6 e 1:8) foi calculada levando em consideração a massa molar do metanol (32 g/mol), a massa molar do óleo de coco e a massa de óleo utilizada (100g) nos experimentos.

O percentual de catalisador utilizado foi definido em função da massa de óleo (%m/m), tendo sido adotados neste trabalho os percentuais de 1%, 1,5% e 2% com base em dados da literatura.

Os experimentos foram realizados de forma aleatória e o tempo de reação foi mantido fixo em 90 minutos, com base em estudos de produção de biodiesel de óleo de coco realizados por Eevera et

al. (2009), que obteve melhores resultados para este tempo de extração.

Tabela 2 – Planejamento experimental utilizado na síntese do biodiesel de óleo de coco.

Experimento	Razão óleo/álcool	Temperatura (°C)	Catalisador (%)
1	1:4/-1	40/-1	1/-1
2	1:8/+1	40/-1	1/-1
3	1:4/-1	60/+1	1/-1
4	1:8/+1	60/+1	1/-1
5	1:4/-1	40/-1	2/+1
6	1:8/+1	40/-1	2/+1
7	1:4/-1	60/+1	2/+1
8	1:8/+1	60/+1	2/+1
9	1:6/0	50/0	1,5/0
10	1:6/0	50/0	1,5/0
11	1:6/0	50/0	1,5/0

Procedimento de obtenção do biodiesel: Após a montagem do aparato experimental, o óleo de coco foi pesado (100 g) e introduzido no balão, permanecendo sob agitação mecânica até a estabilização da temperatura operacional. Alcançada a temperatura de interesse (conforme o planejamento experimental), os demais reagentes (metanol + NaOH) foram previamente misturados e introduzidos no balão e após acoplar o condensador (cuja função é evitar a perda de álcool por evaporação), iniciou-se a contagem do tempo de reação (fixo em 90 minutos).

Depois de decorrido o tempo de reação programado, a mistura reacional foi transferida para um funil de separação e deixada em repouso por 24 h até a total separação das fases (superior- biodiesel + impurezas e inferior- glicerina + impurezas). Ao término da separação de fases, a fase inferior foi removida do funil, restando apenas o biodiesel bruto.

Em seguida, o biodiesel foi submetido a um processo de purificação, onde os ésteres formados na reação foram lavados com água destilada quente (aproximadamente 80 °C), com o intuito de eliminar o álcool remanescente, os resquícios de catalisador e o sabão formado. A etapa de lavagem foi repetida até que a água de lavagem atingisse pH neutro (para isso foram realizadas em média 10 lavagens). Após a etapa de purificação, foi realizado o processo de secagem do biodiesel, que ocorreu em duas etapas: na primeira, o biodiesel foi colocado em contato com o sulfato de sódio anidro para que toda ou parte da água remanescente fosse absorvida. O sulfato de sódio anidro foi colocado diretamente dentro do funil de separação, formado uma espécie de “filtro” para reter as moléculas de água durante o escoamento do biodiesel (que foi coletado em um béquer). A segunda etapa da secagem foi realizada numa estufa, onde o biodiesel foi colocado para secar a 100°C durante 30 minutos, a fim de eliminar traços de umidade remanescentes no biodiesel. Em seguida, o mesmo foi pesado, colocado em frasco âmbar e armazenado em freezer até a realização das análises.

3. RESULTADOS

3.1. Composição em Ácidos Graxos do Óleo de Coco Bruto

O óleo de coco analisado apresentou como componentes majoritários, o ácido láurico (40,8%), o ácido mirístico (20,3%) e o ácido palmítico (12,3%) e mais alguns outros ácidos graxos em percentuais menores, conforme pode ser visto na Figura 2.

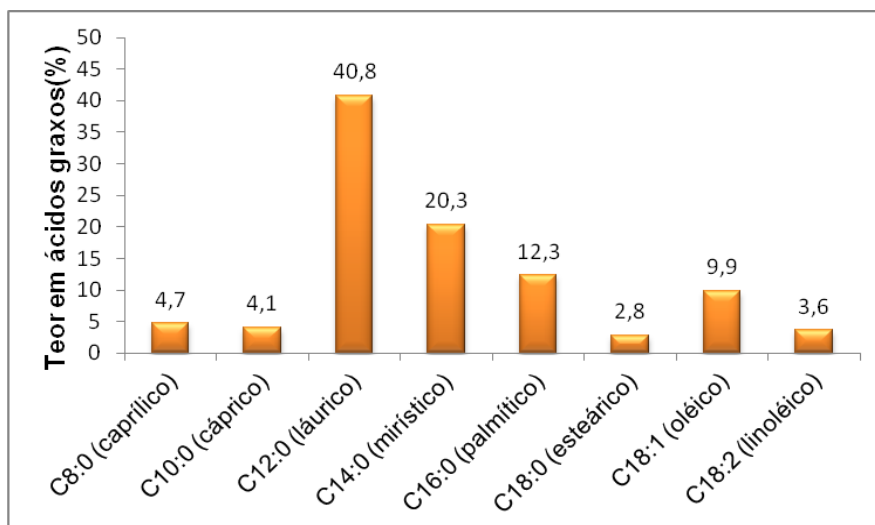


Figura 2 - Composição em ácidos graxos do óleo de coco bruto.

Os ácidos láuricos possuem cadeias carbônicas curtas que permitem uma interação mais efetiva com agentes transesterificantes, de modo que pode obter-se um produto com excelentes características físico-químicas para síntese de biodiesel (LIMA et al., 2007).

Pela análise da Figura 2 é possível observar que a maior parte dos ácidos graxos do óleo de coco são saturados (85%), conferindo ao mesmo elevada resistência a oxidação, o que contribui para utilização desse óleo como matéria-prima para produção de biodiesel. Atualmente, grande parte dos óleos utilizados para produção de biodiesel possuem predominantemente ácidos graxos insaturados, o que torna esse combustível susceptível a oxidação (FERRARI; SOUZA, 2009). Os resultados obtidos para o perfil de ácidos graxos do óleo de coco foram compatíveis com os encontrados por Souza et al. (2012).

A massa molar média do óleo de coco foi calculada com base em sua composição centesimal, o resultado obtido foi 707,03 g/mol. A determinação da massa molar do óleo era necessária previamente ao início dos experimentos de síntese do biodiesel, para determinar a massa de álcool (em gramas) a ser usada em cada experimento e assim se obter as razões molares utilizadas neste trabalho, ou seja, 1:4, 1:6 e 1:8.

3.2. Produção do Biodiesel a Partir do Óleo de Coco Bruto

Após a definição das massas de todos os reagentes, o biodiesel foi sintetizado seguindo o planejamento experimental mostrado na Tabela 2. O biodiesel de coco apresentou uma coloração mais clara que o óleo de coco de origem, se aproximando de uma tonalidade incolor. A formação de sabão foi observada em todos os experimentos, o que era esperado, em virtude de se ter trabalhado com a transesterificação básica, entretanto, a quantidade de sabão formado sugere que o óleo de coco bruto contém uma alta concentração de ácidos graxos livres.

3.3. Rendimento Bruto da Reação de Transesterificação

A Tabela 3 apresenta o rendimento bruto da reação em função dos parâmetros investigados.

Tabela 3 - Valores de rendimento bruto obtido para cada condição experimental.

Experimento	Razão óleo/álcool	Temperatura (°C)	Catalisador (%)	Rendimento (%)
1	1:4	40	1	70,7
2	1:8	40	1	78,7
3	1:4	60	1	57,4
4	1:8	60	1	84,0
5	1:4	40	2	42,8
6	1:8	40	2	53,3
7	1:4	60	2	36,2
8	1:8	60	2	52,5
9	1:6	50	1,5	84,1
10	1:6	50	1,5	80,8
11	1:6	50	1,5	82,7

Como pode ser visto na Tabela 3, o rendimento da reação de produção do biodiesel variou de 36,2 a 84,1%. A melhor condição de síntese foi obtida para razão molar 1:6, na temperatura de reação de 50°C, e com 1,5% de catalisador (experimento 9). No presente trabalho, os experimentos 9, 10 e 11, apresentaram resultados compatíveis com os de Eevera et al. (2009), que também sintetizou biodiesel de coco. Em seus estudos de síntese de biodiesel Eevera et al (2009), avaliaram as variáveis: percentual de catalisador (0,5 a 2,5%), temperatura (40 a 60°C) e tempo de reação (30 a 150 min). Tais pesquisadores obtiveram maiores rendimentos nas seguintes condições: 1,5% de catalisador, temperatura de 50°C e 90 minutos de reação, o que corrobora com o resultado do presente trabalho.

Com a regressão dos dados utilizando o Statistica 7.0® e considerando um intervalo de probabilidade de 95% de confiança foi obtido um modelo matemático para o rendimento bruto da reação de transesterificação (Equação 1):

$$Rend(x) = 65,7455 + 7,675 RM - 1,925 T - 13,25 Cat + 3,05 RM T - 0,975 RM Cat + 0,075 T Cat - 1,6 RM T Cat \quad (1)$$

A Figura 3 apresenta uma superfície de resposta plotada em função das variáveis que se mostraram mais significativas para o processo: razão molar (RM) e percentual de catalisador (Cat). Observa-se que a superfície de resposta (Rendimento bruto) apresenta uma inclinação bastante pronunciada em direção ao seu ponto máximo (ponto ótimo) quando há uma diminuição do percentual de catalisador utilizado e um aumento na razão molar óleo/álcool, dentro da faixa de estudo analisada.

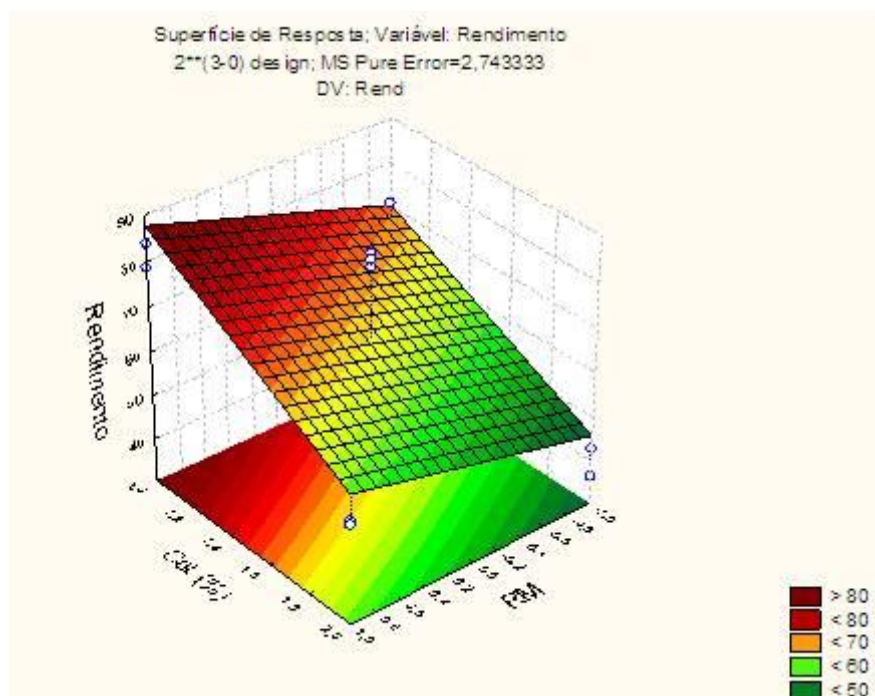


Figura 3 - Superfície de resposta em função do rendimento da reação de transesterificação, para razão molar *versus* percentual de catalisador.

A análise de variância para o modelo mostrou que a regressão obtida é estatisticamente significativa do ponto de vista do teste F, segundo Barros Neto et.al., (1996). O teste F devido a falta de ajuste indicou que o modelo está bem ajustado às respostas do planejamento fatorial e que além de ser um modelo significativo sob o ponto de vista estatístico é também um modelo preditivo dentro do intervalo de estudo de cada variável.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou os procedimentos que envolvem a reação de transesterificação via catálise básica para a produção de biodiesel, utilizando como matéria-prima o óleo de coco. Além disso, analisou a influência de algumas variáveis (razão molar óleo/álcool, temperatura reacional e percentual de catalisador) sobre o rendimento da reação de transesterificação.

O óleo de coco bruto utilizado na síntese do biodiesel apresentou o ácido láurico (40,8%), o ácido mirístico (20,3%) e o ácido palmítico (12,3%) como componentes majoritários.

O rendimento da reação de produção do biodiesel a partir do óleo de coco bruto variou de 36,2 a 84,1%, com melhores resultados para as seguintes condições: razão molar 1:6, temperatura reacional de 50°C, e percentual de catalisador igual a 1,5%.

Os resultados também mostraram que as variáveis que apresentaram maior influência sobre o rendimento da reação de transesterificação do óleo de coco foram o percentual de catalisador (efeito negativo) e a razão molar óleo/álcool (efeito positivo).

5. REFERÊNCIAS

ANVISA. 1999. Disponível em:

<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a2190900474588939242d63fbc4c6735/RDC_482_1999.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2014.

ARAÚJO, G. S. *Produção de biodiesel a partir de óleo de coco (Cocos nucifera L.)*, Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 104 p. 2008.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E.; *Planejamento e Otimização de Experimentos*, 2ª ed., Campinas, SP: Editora Unicamp, 1996.

EEVERA, T.; RAJENDRAN, K.; SARADHA, S. Biodiesel production process optimization and characterization to assess the suitability of the product for varied environmental conditions. *Renewable Energy*, v. 34, p. 762-765, 2009.

FERRARI, R. A.; SOUZA, W. L. Avaliação da estabilidade oxidativa de biodiesel de óleo de girassol com antioxidantes. *Quim. Nova*, v. 32, n.1, p. 106-111, 2009.

FONTANA, J. D. *Biodiesel: para leitores de 9 a 90 anos*. Curitiba: Editora UFPR, 2011, 253 p.

LIMA, J. R. O; SILVA, R. B.; SILVA, C. C. M.; SANTOS, L. S. S.; SANTOS JR., J. R.; MOURA, E. M. ; MOURA, C. V. R. *Biodiesel de babaçu (Orbignya sp.) obtido por via etanólica*. *Quim. Nova*, v. 30, n. 3, p.600-603, 2007.

MACHADO NETO, A. S. *Estudo da influência de blendas de óleo residual de frituras na viscosidade do biodiesel*. Monografia (Licenciatura em Química) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 77 p. 2011.

SOUZA, L. S. S.; PEREIRA, A. M.; CORRÊA, N. C. F.; FRANÇA, L. F. *Obtenção dos ésteres etílicos a partir da transesterificação do óleo de coco (Cocos nucifera L.)*. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 2012, Búzios, Rio de Janeiro, *Anais...*, Búzios:RJ, 2012.