

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE BABAÇU: UMA REVISÃO CRÍTICA

Mitchell González Soares da SILVA¹
Kerlen Jacqueline Nunes FERREIRA²
Mayara Mondego TEIXEIRA³
Fernando Carvalho SILVA⁴
Adeilton Pereira MACIEL⁵

¹Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Maranhão em São Luís.
E-mail: mitchellufma@gmail.com

²Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação Energia e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão em São Luís.
E-mail: kerlenjac@hotmail.com

³Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de São Carlos.
E-mail: mayaramondego.ufma@gmail.com

⁴Professor do Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Maranhão em São Luís. Doutor em Química. E-mail: fcs.ufma@gmail.com

⁵Coordenador do Programa de Pós-Graduação Energia e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão em São Luís. Doutor em Química. E-mail: adeilton@ufma.br

Recebido em: 28/05/2014 - Aprovado em: 19/09/2014 - Disponibilizado em: 15/12/2014

RESUMO: Neste trabalho analisamos a viabilidade técnica da produção de biodiesel a partir do babaçu como matéria-prima. Atualmente, a principal utilidade do babaçu consiste na produção de óleo, para fins culinários e industriais. Porém, foi observado que as propriedades físico-químicas do óleo de babaçu, aliadas a sua composição, favorecem a obtenção de biodiesel de alta qualidade. Além disso, aos resíduos do coco babaçu podem ser agregados valores pecuniários, enriquecendo a cadeia produtiva de biodiesel de babaçu.

PALAVRAS-CHAVE: babaçu, biodiesel, transesterificação.

TECHNICAL FEASIBILITY STUDY OF BABASSU BIODIESEL PRODUCTION: A CRITICAL REVIEW

ABSTRACT: In this work we analyzed the technical feasibility of the biodiesel production from babassu as raw material. Currently, the main usefulness of the babassu consists of the vegetable oil production, for culinary and industrial purposes. However, it was observed that the physiochemical properties of the babassu oil, allied with its composition, lead to obtaining high quality biodiesel. In addition, the residues of the babassu coconut can be aggregated monetary values, to enriching the productive chain of babassu biodiesel.

KEYWORDS: babassu, biodiesel, transesterification.

INTRODUÇÃO

A utilização de combustíveis de fontes renováveis tem sido incentivada pela necessidade de reduzir os impactos causados por combustíveis de origem fóssil. Dentre as fontes de energias renováveis, uma bastante consolidada no Brasil é o biodiesel, um biocombustível que reduz a emissão de gases

poluentes e diminui a dependência energética do diesel de petróleo.

A reação de transesterificação é o principal método de obtenção de biodiesel, no qual óleos e gorduras reagem com álcool produzindo biodiesel e glicerina. O principal objetivo dessa transformação é obter um combustível com especificações aceitáveis (Resolução ANP nº 7) para substituir o diesel,

visto que o óleo não pode ser utilizado diretamente no motor dos veículos, devido a alta viscosidade e densidade por exemplo.

Dentre as diversas fontes renováveis de biomassa, o babaçu possui pontos favoráveis para produção do biodiesel, suas amêndoas possuem um teor de 66% de óleo e as demais partes do fruto podem ser reaproveitadas para diversos fins, tais como: suplementação alimentar, produção de etanol e carvão vegetal (SILVA, A., 2011). O biodiesel de babaçu possui resistência a oxidação e baixas densidade e viscosidade, devido a composição majoritária de ésteres saturados e de menor massa molecular (SILVA, F., 2010). Porém, alguns problemas em relação a utilização desta matéria-prima precisam ser discutidos, como a forma de extração artesanal das amêndoas que afeta a produção do óleo, e o uso simplificado do fruto como carvão vegetal em algumas indústrias (IBGE, 2011).

Este trabalho tem como objetivo expor o cenário do babaçu, discutindo aspectos técnicos acerca da sua total utilização, com resultados da literatura, de modo a verificar a viabilidade técnica da produção de biodiesel a partir desta matéria-prima.

MATÉRIAS-PRIMAS

Babaçu

Apalmeira de babaçu (*Orbignya sp*) é da família das palmáceas *Arecaceae*. Seu fruto é composto por uma parte externa

fibrosa (epicarpo), uma intermediária fibrosa-amilácea (mesocarpo) e uma parte interna lenhosa (endocarpo), onde se encontram as amêndoas (DA SIVA, 2011; SILVA, A., 2011).

O Estado do Maranhão é o maior produtor da amêndoa do coco babaçu, com uma produção de 97 820 toneladas em 2012, que representa 93,9% da produção nacional (IBGE, 2013). O extrativismo do coco tem diminuído nos últimos anos, coincidindo com a implementação de programas sociais do Governo Federal.

Características Físico-Químicas do Óleo

O óleo de babaçu apresenta excelentes propriedades físico-químicas que favorecem sua utilização como matéria-prima para produção de biodiesel, visto que oferece um produto com especificações melhores que a soja (matéria-prima mais utilizada no Brasil). O babaçu oferece um produto com menores viscosidade e densidade e um maior número de cetano.

O óleo de babaçu tem como componente majoritário o ácido láurico (C12:0), éster saturado de cadeia carbônica média. A presença de cadeias saturadas num óleo tende a aumentar sua estabilidade oxidativa, pois a não presença de duplas ligações confere a este óleo resistência a oxidação. Como o babaçu é composto predominantemente de ésteres saturados, o biodiesel de babaçu apresenta alta estabilidade oxidativa (SANTOS *et al.*, 2009).

A viscosidade é uma propriedade que está relacionada com o tamanho da cadeia carbônica do éster ou da quantidade de duplas ligações, quanto menor a cadeia e mais duplas ligações tiver o éster, menor será a viscosidade. No caso do óleo babaçu, consideramos o fato de ter uma cadeia menor que o componente majoritário dos demais óleos, e assim o óleo possui uma menor viscosidade. Podemos ver na

Tabela 1 que o biodiesel de babaçu, quando comparado ao biodiesel de soja e de palma, foi aquele que apresentou o maior valor de número de cetano, propriedade que está relacionada com a qualidade de ignição, de forma que uma combustão de boa qualidade ocorre com rápida ignição, seguida de uma completa combustão. Quanto maior o índice de cetano, melhor sua combustão no motor diesel, pois o motor atinge rapidamente a temperatura de trabalho (ZUNIGA *et al.*, 2011).

Tabela 1 - Composição e propriedades do biodiesel de babaçu, soja e palma

Éster	Babaçu ^A	Soja ^B	Palma ^C
C8:0	4,54	-	-
C10:0	4,25	-	-
C12:0	44,14	0,21	0,3
C14:0	14,47	0,71	1,0
C16:0	9,38	15,08	38,1
C16:1	-	0,83	0,2
C18:0	4,40	12,09	4,1
C18:1	14,04	19,79	44,2
C18:2	2,83	40,95	11,0
C18:3	-	4,39	0,3
≥ C20	-	2,98	0,8
Viscosidade. (cSt)	4,2	5,19	4,56
Densidade (kg/m³).	870	874	855,5
Número de cetano	63,7	49	61

A - DA RÓS *et al.* (2014); B - QI E LEE (2014);

C - ABEDIN *et al.* (2014);

Fonte: Autores

A composição do biodiesel está diretamente ligada a composição do óleo que o originou. Suas propriedades físico-químicas também estão associadas às propriedades do óleo, como viscosidade, densidade e estabilidade oxidativa que podem ser explicadas e/ou estimadas.

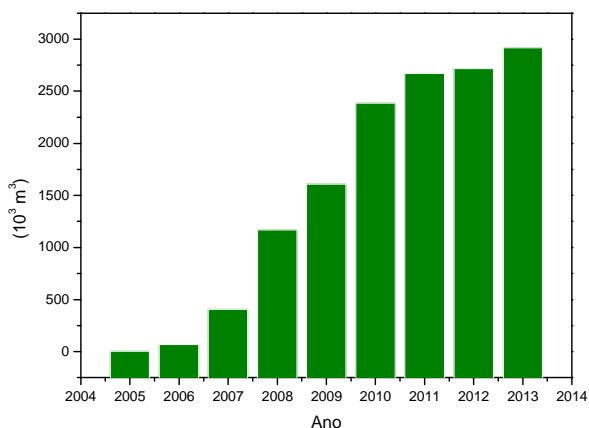
Álcoois

Os álcoois primários de cadeia curta (metanol e o etanol) são os mais utilizados no processo de transesterificação de óleos e gorduras. O etanol é menos agressivo por ser oriundo principalmente de fonte renovável, e é um combustível de utilização ampla no Brasil. Contudo, o metanol é preferível, devido seu menor custo e apresentar vantagens operacionais para produção de biodiesel, por exemplo, maior facilidade na separação dos produtos (biodiesel e glicerina). Dessa forma, a produção nacional de biodiesel é feita quase em sua totalidade utilizando metanol, que torna o processo mais barato.

PRODUÇÃO DE BIODIESEL

A Figura 1 mostra o gráfico de produção anual de biodiesel no Brasil entre os anos de 2005 e 2013.

Figura 1 - Produção Anual de Biodiesel no Brasil



Fonte: ANP (2014)

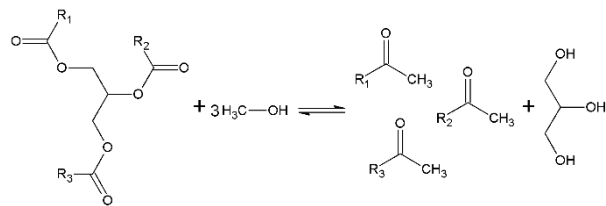
Mesmo nesse cenário de crescimento nacional, é importante ressaltar a não participação de alguns estados brasileiros (Pará, Piauí e Maranhão) na produção desde 2011, o que mostra que a produção ainda pode ser maior que os índices atuais.

Reação de Transesterificação

A transesterificação é o método mais utilizado para a produção de biodiesel, onde as matérias-primas utilizadas são de origem vegetal ou animal. A transesterificação consiste em reagir um éster com um álcool, de modo a produzir outro éster e álcool diferentes.

A Figura 2 mostra o esquema da reação de transesterificação, onde um mol do triglicerídeo reage com 3 mols de metanol formando 3 mols de ésteres de ácido graxo e 1 mol de glicerol.

Figura 2 - Reação de Transesterificação



Fonte: Autores

A reação de transesterificação é bastante versátil quanto a catálise, que pode ser homogênea, heterogênea ou enzimática.

Catálise Homogênea

A catálise homogênea é a principal rota catalítica na reação de transesterificação, a mesma ainda pode ser subdividida em ácida ou alcalina. As bases fortes como hidróxido de sódio (NaOH) e hidróxido de potássio (KOH) são os catalisadores mais utilizados no processo de conversão dos óleos e gorduras. Estes catalisadores são mais utilizados por algumas razões importantes, tais como diminuição considerável do tempo de reação em temperaturas e pressões atmosféricas mais baixas, além da alta disponibilidade e menor preço.

A catálise homogênea ácida surge como solução para a limitação das propriedades dos catalisadores alcalinos, pois neste tipo de catálise não há produção de sabão. Os catalisadores mais utilizados são o ácido sulfúrico (H₂SO₄) e o ácido clorídrico (HCl) (LAM *et al.*, 2010). Uma vantagem em relação à catálise homogênea alcalina é que o catalisador ácido não é sensível à presença de ácidos graxos livres na matéria-prima, e ainda

pode catalisar simultaneamente as reações de esterificação e transesterificação, melhorando o rendimento dos ésteres(LAM *et al.*, 2010). Porém, a aplicação industrial da catálise ácida fica limitada por alguns fatores, tais como taxa de conversão mais lenta, a necessidade de temperatura reacional maior, neutralização do catalisador e razão molar (óleo:álcool) elevada, além de causar problemas de corrosão nos reatores (LAM *et al.*, 2010).

A Tabela 2 mostra alguns trabalhos reunidos da literatura que mostram a obtenção de biodiesel de babaçu com catalisadores homogêneos básicos (método utilizado industrialmente).

Tabela 2 - Biodiesel de Babaçu via catálise homogênea

Cat.	% Cat.	Álcool	Razão	TE	Ref
NaOH	0,5	MeOH	100g óleo/ 20g MeOH	71,8%	A
NaOH	0,5	EtOH	100g óleo/ 40g EtOH	62,2%	
KOH	1,0	MeOH	1:6 (óleo: MeOH)	92%	B
KOH	1,0	MeOH+ EtOH	1:6 (mol/mol)	-	C
KOH	1,0	MeOH	1:6 (mol/mol)	97,4%	D
KOH	1,0	MeOH	100:33 (m/m)	91%	E
KOH	1,0	EtOH	1:6 (mol/mol)	>97%	F
KOH	1,5	MeOH	1:4	98,8%	G
KOH	1,5	MeOH+ EtOH	1:4	97,2%	
KOH	1,5	MeOH+ EtOH	1:4	98,7%	
KOH	1,5	MeOH+ EtOH	1:4	99%	

A - LIMA *et al.* (2007); B - SANTOS (2008); C - SANTOS *et al.* (2011); D - SANTOS *et al.* (2007); E - OLIVEIRA *et al.* (2006); F - PAIVA *et al.* (2013); G - SILVA, F. *et al.* (2010)

Fonte: Autores

A catálise homogênea alcalina é empregada industrialmente porque os catalisadores obtêm altos rendimentos em temperatura ambiente, pouco tempo reacional (30 minutos) e sem necessidade de uso de reatores de alta pressão, tornando os custos de produção mais baixos.

Catálise Heterogênea

A catálise heterogênea apresenta vantagens em relação a homogênea, a mais importante delas é a fácil separação do catalisador dos produtos da reação através de uma simples filtração, evitando o processo de neutralização e lavagem que geram efluentes industriais que causam um maior impacto ao meio ambiente. Podemos destacar também a possibilidade de reaproveitamento do catalisador, diminuindo os custos de produção.

Vários catalisadores heterogêneos básicos foram desenvolvidos para serem utilizados na reação de transesterificação, entre eles as zeólitas básicas, hidrotalcitas e óxidos de metais alcalino-terrosos(LAM *et al.*, 2010; LEE e WILSON, 2014). Entre estes, os óxidos de metais alcalino-terrosos têm se destacado, principalmente o óxido de cálcio (CaO), devido sua força básica, baixa solubilidade em metanol e a facilidade de ser obtido a partir de matérias-primas baratas como calcário (LEE e WILSON, 2014).

A Tabela 3 mostra alguns trabalhos empregando catalisadores heterogêneos na obtenção de biodiesel de babaçu.

Tabela 3 – Biodiesel de Babaçu via catálise heterogênea

Cat.	% Cat.	Álcool	Razão	TE (%)	Ref
Ba(OH)₂·H₂O	0,2	MeOH	1:12	97,5	A
Ba(OH)₂·8H₂O	1	MeOH	1:12	95	
CaO	1	MeOH	1:12	96,5	
MgO	1	MeOH	1:12	91,5	
CoO/Al₂O₃	2,5		1:6	98,2	B
Ba-Al₂O₃	2	MeOH	1:11	>90	C
SrO	1,5	MeOH	100g óleo/ 20g MeOH	98,5	D
Cr₂O₃/ Al₂O₃	5	MeOH	40g óleo/ 32g MeOH	96,5	E

A - MOUZINHO (2007); B - CALAND (2009); C - TAVARES (2010); D - MOURA *et al.* (2010); E - LIMA *et al.* (2011)

Fonte: Autores

Os resultados desses trabalhos mostram que os catalisadores podem se equiparar aos catalisadores homogêneos quanto a conversão em ésteres. Porém, para obter esses resultados, as condições reacionais precisam ser mais rigorosas, com altas temperaturas e/ou maiores pressões. Além disso, o tempo reacional é bem maior, com alguns casos chegando a 16h ou mais, aumentando o custo do produto final. Quanto a quantidade de catalisador, podemos observar que na catálise heterogênea esse valor é geralmente maior, o que a priori poderia ser considerado um ponto muito negativo, mas como o mesmo é facilmente separado dos produtos após a reação, e após um simples tratamento o catalisador pode ser reutilizado no processo de transesterificação, os custos da produção poderiam ser reduzidos consideravelmente. Outro ponto positivo na catálise heterogênea é a não produção de

efluentes resultantes da neutralização e lavagem do biodiesel (procedimento obrigatório na catálise homogênea), trazendo uma economia na gestão de resíduos e evitando um impacto ambiental considerável.

RESÍDUOS E SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE BIODIESEL

O processo de produção industrial para produção de biodiesel via Transesterificação, envolve as etapas de preparação da matéria prima (produção do óleo vegetal), reação, separação de fases, recuperação e desidratação do álcool, purificação dos ésteres e da glicerina. Contudo, em todas as etapas de produção são originados resíduos e subprodutos.

Subprodutos do Coco Babaçu

A literatura cita mais de 59 subprodutos obtidos do coco babaçu, entretanto, industrialmente somente quatro subprodutos têm apresentando utilização mais expressiva, sendo: o óleo de babaçu e a torta (farelo) obtidos da prensagem das amêndoas do coco babaçu, a farinha amilácea obtida do mesocarpe e a biomassa utilizada para produção de carvão vegetal, geração de energia obtida do epicarpo (casca) e endocarpo (BANIN, 2012).

A principal utilidade do babaçu consiste na produção de óleo, para fins culinários e industriais. A torta (farelo) tem aproveitamento como componente proteico em rações para alimentação animal. O

mesocarpo ou polpa, rico em amido e fibras, pode ser utilizado para fazer farinha (consumo humano), rações, fertilizantes ou ainda biocombustível (etanol a partir do amido). O endocarpo a parte interna do fruto é usado como biomassa no geral e em particular para fabricação de carvão para fins domésticos, bem como industriais, que tem qualidades superiores a de outras fontes de origem vegetal. O epicarpo ou casca, material fibroso ligno-celulósico que constitui 11% do peso do fruto, pode ser usado como biomassa para produção de biocombustível ou para queima direta em caldeiras (ALMEIDA, 2007 e BANIN, 2012).

Resíduos da produção de Biodiesel de Babaçu

Resíduos da extração do Óleo de Babaçu

De acordo com Almeida (2007), a extração do óleo pode ser feita através da extração mecânica ou com solvente, neste último a extração é mais eficiente, pois retira o teor residual de óleo na torta. O esmagamento do coco babaçu produz dois tipos de óleos: um para fins comestíveis e outro para fins industriais (óleo láurico). O processo de extração mecânica compreende as fases de limpeza, descascamento, moagem, cozimento, prensagem das sementes, filtração de óleo e moagem da torta (massa).

A limpeza consiste na primeira operação necessária para preparar a matéria prima antes da extração do óleo. São

utilizadas peneiras para separação das sementes de materiais estranhos como pedras, material orgânico, terra e etc. No descascamento das sementes são utilizados equipamentos para retirada das cascas como quebradores e peneiras de separação. Em sementes com altos teores de óleo, pode-se dispensar a moagem, que é utilizada para facilitar o cozimento e a prensagem. O cozedor é construído de câmaras de vapor saturado, onde ocorre a liberação das partículas de óleo contidas nos invólucros celulares. A prensagem pode ser realizada de forma contínua e descontínua, com a finalidade de liberação do óleo. Nesta etapa é gerada uma massa residual denominada torta, material rico em proteína, que será posteriormente moída. Para garantir a qualidade do óleo extraído é feito a filtração deste utilizando-se filtro prensa, filtro de placas verticais para retirar partículas presentes no óleo antes de destinar para estocagem. No processo de beneficiamento da amêndoa para obtenção do óleo são gerados alguns resíduos, como: geração de particulados na etapa de limpeza; resíduos de casca e poeira no descascamento das amêndoas; torta e demais resíduos ainda presente no óleo proveniente das etapas de prensagem e filtração, respectivamente.

Resíduos do refino do Óleo de Babaçu e Produção de Biodiesel

O refino do óleo vegetal visa separar substâncias indesejáveis dos óleos brutos que

possam afetar as propriedades a qualidade do óleo. O processo de refino é dividido em etapas, as quais variam conforme alguns aspectos e a aplicação que se deseja dar ao produto final (LUZet *al.*, 2011). Para a produção de biodiesel as etapas básicas de refino são a degomagem e neutralização do óleo. Geralmente o processo de degomagem é feito junto com a neutralização.

A degomagem é caracterizada pela remoção das gomas (fosfatídeos hidratáveis), ceras e substâncias coloidais. Na neutralização ocorre a remoção dos ácidos graxos livres com NaOH, remoção de fosfatídeos residuais (não hidratáveis) e corantes (clorofila, carotenóides) (STOJKOVIĆ *et al.*, 2014).

No processo de transesterificação ocorre a formação de glicerina residual e os acilglicerídeos, álcool não reagido, substâncias sulfuradas e fosfáticas, ácidos graxos livres, mono e diacilglicerídeos (produtos de reação parcial), resíduos de catalisadores, água acidificada e parte do óleo que não foi convertido no processo (GAZZONI, 2013). Para indústria de produção de biodiesel o principal resíduo é a glicerina bruta, tendo em vista que, o processo de produção de biodiesel gera cerca de 10% (base mássica) desse resíduo (ANG *et al.*, 2014). Com os incentivos governamentais, o biodiesel tem alcançado larga escala de produção. Com o crescente volume de produção, o fator preocupante nesse processo é o destino da glicerina bruta excedente. Os

mercados consumidores da glicerina bruta (indústrias de resina, têxtil, cosméticos, etc.) apresentam capacidade de absorção limitada, principalmente pelo fato dos custos de purificação, pois a glicerina bruta necessita de purificação (ZENATTI, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As propriedades físico-químicas do óleo de babaçu, aliadas a sua composição, favorece a obtenção de biodiesel de alta qualidade. Além disso, aos resíduos do coco babaçu podem ser agregados valores pecuniários, enriquecendo a cadeia produtiva de biodiesel de babaçu.

Sendo assim, o babaçu figura como uma excelente matéria-prima para produção de biodiesel, principalmente, na região dos cocais, onde essa palmeira é nativa.

REFERÊNCIAS

- ABEDIN, M. J.; MASJUKI, H. H.; KALAM, M. A.; SANJID, A.; ASHRAFUR RAHMAN, S. M.; RIZWANUL FATTAH, I. M. Performance, emissions, and heat losses of palm and jatropha biodiesel blends in a diesel engine. **Industrial Crops and Products**. V. 59, p. 96-104, 2014.
- ALMEIDA, J. D. V. Cultivo de Babaçu e Extração do Óleo. Dossiê Técnico. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília – CDT/UnB, 2007.
- ANG, G. T.; TAN, K. T.; LEE, K. T. Recent development and economic analysis of glycerol-free processes via supercritical fluid transesterification for biodiesel production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 31, n. 0, p. 61-70, 2014.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Produção de Biodiesel B100 por produtor, 2014. Disponível em: www.anp.gov.br/?dw=8740.

BANIN, R. L. Babaçu inserido no agronegócio maranhense. SCOT Consultoria, 2012. Disponível em: <http://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/22210/babacu-inserido-no-agronegocio-maranhense.htm>. Acesso em: 20 maio 2014.

CALAND, L. B.; SANTOS, L. S. S.; MOURA, C. V. R.; MOURA, E. M. Preparation and Study of Bimetallic Compounds Efficiency in the Synthesis of Biodiesel Fuel. *Catalysis Letters*, V. 128, p. 392-400, 2009.

DA ROS, P. C. M.; SILVA, W. C. E.; GRABAUSKAS, D.; PEREZ, V. H.; DE CASTRO, H. F. Biodiesel from babassu oil: Characterization of the product obtained by enzymatic route accelerated by microwave irradiation. *Industrial Crops and Products*, v. 52, p. 313-320, 2014.

DA SILVA, A. J. **Extrativismo do coco babaçu (*Orbignya phalerata*, Mart.) no município de Miguel Alves – PI: Caminhos para o desenvolvimento local sustentável.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade federal do Piauí, Teresina, PI, 2011.

GAZZONI, D. L. Contaminantes do biodiesel. 2013. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/noticias/colunista/s/gazzoni/contaminantes-do-biodiesel-030113.htm>. Acesso em: 25 maio 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PEVS 2012: silvicultura e extrativismo produzem R\$ 18,4 bilhões.** 2013. Disponível em: <http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2533>. Acesso em: 25 de Maio de 2014.

LAM, M. K.; LEE, K. T.; MOHAMED, A. R. Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for transesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel:

A review. *Biotechnology Advances*, v. 28, n. 4, p. 500-518, 2010.

LEE, A. F.; WILSON, K. Recent developments in heterogeneous catalysis for the sustainable production of biodiesel. *Catalysis Today*, n. 0, 2014 (in press).

LIMA, J. R. O.; SILVA, R. B.; SILVA, C. C. M.; SANTOS, L. S. S.; SANTOS, J. R.; MOURA, E. M.; MOURA, C. V. R. Biodiesel de Babaçu (*Orbignya sp*) Obtido por via Etanólica. *Química Nova*, V. 30, n. 3, p. 600-603, 2007.

LIMA, M. G.; MOURA, C. V. R.; NERES, H. L. S.; MOURA, E. M. **Obtenção de biodiesel por catálise heterogênea utilizando Cr₂O₃/Al₂O₃.** In: 4 Congresso Norte e Nordeste de Química/2 Encontro Norte e Nordeste de Ensino de Química, 2011, Natal. RESUMOS DO IV CNNQ/II ENNEQ, 2011.

LUZ, D. A.; MACHADO, K. J. G.; PINHEIRO, R. S.; MACIEL, A. P.; SOUZA, A. G.; SILVA, F. C. Estudos Físico-Químicos Do Óleo De Babaçu Bruto (*Orbignya Phalerata* Mart.) E De Um Subproduto Da Etapa De Degomagem Do Processo De Refino. *Caderno de Pesquisa*, v. 18, n. 3, p.19-22, 2011.

MOURA, C. V. R.; CASTRO, A. G.; MOURA, E. M.; SANTOS, J. R.; MOITA NETO, J. M. Heterogeneous Catalysis of Babassu Oil Monitored by Thermogravimetric Analysis. *Energy Fuels*, V. 24, p. 6527-6532, 2010.

MOUZINHO, A. M. C. **Produção de Biodiesel a partir do Óleo Vegetal de Babaçu (*Orbignya martiniana*) Empregando Catalisadores Heterogêneos Comerciais.** Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, 2007.

OLIVEIRA, J. S.; MONTALVÃO, R.; DAHER, L.; SUAREZ, P. A. Z.; RUBIM, J. C. Determination of methyl Ester contents in biodiesel blends by FTIR-ATR and FTNIR

spectroscopies. **Talanta**, V. 69, p.1278-1284, 2006.

PAIVA, E. J. M.; SILVA, M. L. C. P.; BARBOZA, J. C. S.; OLIVEIRA, P. C.; CASTRO, H. F.; GIORDANI, D. S. Non-edible babassu oil as a new source for energy production-a feasibility transesterification survey assisted by ultrasound. **Ultrasonics Sonochemistry**, V. 20, p. 833-838, 2013.

QI, D. H.; LEE, C. F. Influence of soybean biodiesel content on basic properties of biodiesel-diesel blends. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**. V. 45, p. 504-507, 2014.

SANTOS, N. A. **Propriedades Termo-Oxidativas e de Fluxo do Biodiesel de Babaçu (*Orbignya phalerata*)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

SANTOS, N. A.; ROSENHAIM, R.; DANTAS, M. B.; BICUDO, T. C.; CAVALCANTI, E. H. S., BARRO, A. K.; SANTOS, I. M. G.; SOUZA, A. G. Rheology and MT-DSC studies of the flow properties of ethyl and methyl babassu biodiesel and blends. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, V. 106, p. 501-506, 2011.

SANTOS, N. A.; SANTOS, J. R. J.; SINFRONIO, F. S. M.; BICUDO, T. C.; SANTOS, I. M. G.; ANTONIOSI, N. R.; FERNANDES, V. J.; SOUZA, A. G. Thermo-oxidativestabilityandcoldflowpropertiesof babassu biodiesel by PDSC and TMDSC techniques. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 97, n. 2, p. 611-614, 2009.

SANTOS, N. A.; TAVARES, M. L. A.; ROSENHAIM, R.; SILVA, F. C.; FERNANDES Jr., V. J.; SANTOS, I. M. G.; SOUZA, A. G. Thermogravimetric and Calorimetric Evaluation of Babassu biodiesel obtained by the Methanol route. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, V. 87, n. 3, p. 649-652, 2007.

SILVA, A. P. S. **Caracterização físico-química e toxicológica do pó de mesocarpo**

do babaçu (*Orbignya phalerata* Mart): subsídio para o desenvolvimento de produtos. Dissertação (Mestrado em Ciência Farmacêutica) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI, 2011.

SILVA, F. C.; CAVALCANTE, K. S. B.; LORENZO, H. C.; MOURA, K. R. M.; MACIEL, A. P.; SOLEDADE, L. E. B.; SOUZA, A. G. Production of Biodiesel from Babassu Oil using Methanol-Ethanol Blends. **Eclética química**, V. 35 n. 1, p. 47-54, 2010.

STOJKOVIĆ, I. J.; STAMENKOVIĆ, O. S.; POVRENOVIĆ, D. S.; VELJKOVIĆ, V. B. Purification technologies for crude biodiesel obtained by alkali-catalyzed transesterification. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 32, n. 0, p. 1-15, 2014.

TAVARES, M. H. A. **Obtenção de Catalisadores Heterogêneos para Reação de Transesterificação**. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, 2010.

ZENATTI, D. C. **Tratamento e aproveitamento de resíduos da produção de biodiesel: água residuária e glicerol**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná/UNIOESTE, 2011.

ZUNIGA, A. D. G.; PAULA, M. M.; COIMBRA, J. S. R.; MARTINS, E. C. A.; SILVA, D. X.; TELIS-ROMERO, J. Revisão: Propriedades Físico-Químicas do Biodiesel. **Pesticidas: Revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, V.21, p.55-72, 2011.