



ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

PRODUÇÃO DE BIODIESEL PELO PROCESSO DE TRANSESTERIFICAÇÃO A PARTIR DE ÓLEO DE PINHÃO MANSO

Vinicius Oliveira Araujo¹; Leila Cristina Konradt-Moraes²

UEMS - Caixa postal 351 - 79804-970- Dourados – MS, E-mail: viniciusoliveira_10@hotmail.com; ¹bolsista do CNPq; ²Professor orientador;

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a produção biodiesel pelo processo de transesterificação a partir de óleo de Pinhão Manso, avaliando a influência de diferentes álcoois, etanol e metanol, e do tempo de reação na qualidade e na quantidade do produto formado. O óleo utilizado durante os ensaios foi obtido por extração mecânica, a partir de sementes previamente aquecidas, filtrado e estocado em lugar refrigerado, sem a presença de luz. O processo de transesterificação consistiu em uma rota para transformar triacilglicerídios, na presença de mono-álcoois de cadeias curtas (etanol e metanol) e catalisador (hidróxido de potássio - KOH), em condições controladas, em ésteres alquílicos e gliceróis. As técnicas de análises para as caracterizações físico-química do óleo de Pinhão Manso e do biodiesel consistiram na determinação dos índices de acidez, peróxido, saponificação e iodo pelo método de Wijs e determinação da densidade relativa, umidade e matéria volátil. A partir dos ensaios realizados pode-se concluir que o tempo reacional de 20 minutos parece ser mais satisfatório que no tempo de 60 minutos, se considerarmos o volume de biodiesel gerado. Avaliando o solvente utilizado, o metanol gerou maiores volumes do produto de interesse. Assim, para as condições analisada, os melhores resultados foram obtidos para o tempo de 20 minutos e rota metílica.

Palavras-Chave: Bioenergia, Sustentabilidade, Fonte renovável.

INTRODUÇÃO

A maior parte da energia consumida no mundo provém do petróleo, do carvão e do gás natural, porém essas fontes são limitadas e com previsão de esgotamento no futuro, o que tem motivado o desenvolvimento de tecnologias que permitam utilizar fontes renováveis de energia (FERRARI et al., 2004).

Além da possibilidade de esgotamento, o uso de combustível fóssil apresenta graves problemas ambientais. A poluição do ar das grandes cidades é, provavelmente, o mais visível impacto da queima dos derivados de petróleo. Tal poluição é decorrente principalmente da emissão de gases tais como dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e óxidos de enxofre (SO_x) (HOLANDA, 2004). Nos últimos 250 anos a concentração de CO_2 atmosférico aumentou 31%, atingindo, segundo previsões, o nível mais alto dos últimos 20 milhões de anos (WDI, 2013).

Considerando a questão ambiental e a eminente necessidade de diminuição dos gases emitidos para a atmosfera, os biocombustíveis vêm de encontro aos anseios atuais, em função da diminuição na quantidade de gases liberados à atmosfera. Neste contexto, destaca-se o biodiesel como uma alternativa para substituição ao óleo diesel em motores de ignição por compressão sem grandes adaptações.

O biodiesel é uma evolução na tentativa de substituição de óleo diesel por biomassa renovável porque contém características físico-químicas semelhantes às do diesel mineral, sendo perfeitamente miscível, podendo ser utilizado puro ou misturado em quaisquer proporções em motores de ciclo diesel sem a necessidade de significativas ou onerosas adaptações. Com isso, uma das grandes vantagens é a sua adaptabilidade aos motores, uma vez que o uso de outro combustível limpo, como o biogás, requer adaptações nos motores e a combustão de biodiesel pode dispensá-la (OLIVEIRA, 2002).

No século XXI, as correntes tecnológicas mundiais, tendo em vista soluções para a escassez do combustível fóssil e para a minimização dos impactos negativos ao meio ambiente, sensibilizaram os grandes produtores agrícolas, os pesquisadores e concomitantemente o governo brasileiro que decidiu pela criação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), aumentando a competência da Agência Nacional do Petróleo (ANP) para o monitoramento da produção e da comercialização dos biocombustíveis (ANP, 2008).

O cultivo de espécies oleaginosas ocorre em todas as regiões brasileiras, mas para produção de óleo vegetal em larga escala é necessária uma espécie que exija menores gastos com os insumos agrícolas e que apresente uma maior produtividade por área plantada

(MARQUES, 2007), e que possa, ainda, ser inserida no cenário do agronegócio de agricultores familiares. Buscando atender a esses anseios, o Pinhão Manso é uma oleaginosa que resiste a diversas variações de solo e clima, tendo ainda a vantagem de possuir um ciclo perene e produtividade média de duas toneladas por hectare (MELO, 2006). As sementes são de fácil armazenamento e boa preservação e a torta resultante da extração do óleo pode servir como adubo orgânico devido ao alto teor de nitrogênio, fósforo e potássio (SILVA, 2006).

Com alto rendimento de óleo, o Pinhão Manso é hoje uma das mais promissoras oleaginosas para a produção de biocombustíveis (GONÇALVES, 2012). Por ser uma planta rústica consegue se adaptar a terrenos áridos e pedregosos, além de atuar na recuperação de áreas degradadas pela ação de chuvas e ventos fortes (ARRUDA et al., 2004).

O óleo das sementes de Pinhão Manso pode ser extraído por dois métodos que são a extração química ou mecânica. Na extração química, as sementes são descascadas e trituradas, a torta é submetida a um solvente, que geralmente é o hexano, resultando na obtenção de 50% de óleo. Na extração mecânica usa-se uma prensa hidráulica para esmagar as sementes, neste caso, obtêm-se apenas 35% de óleo (BICUDO et al., 2007). Utilizando o método de prensagem e aquecimento, além de ocorrer perda da massa oleífera, o óleo resultante apresenta impurezas físicas e químicas, enquanto que, na extração com hexano há maior eficiência na obtenção de óleo, além de resultar em um óleo mais puro para a adição ao diesel de petróleo (PENHA, 2007). Porém, deve-se destacar que a utilização de um solvente para a extração onera o processo e é ambientalmente indesejado pois, mesmo com a recuperação do mesmo, sempre existem perdas para o ambiente.

Para a produção do biodiesel é necessário submeter o óleo ao processo de transesterificação, que é a reação de um triglicérido com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol, catalisada por ácidos, bases ou enzimas. Por terem um custo comercial mais baixo e contribuírem para a diminuição da acidez do óleo vegetal, os catalizadores recomendados são o NaOH e o KOH, respectivamente, hidróxidos de sódio e potássio (TEIXEIRA, 2005).

A cultura ainda é mais uma promessa do que uma alternativa concreta na produção de biocombustíveis. Para que esse cenário mude, uma série de pesquisas estão em andamento nas universidades e institutos agrícolas do Brasil. Enquanto a soja, principal matéria-prima da indústria de biodiesel no país, oferece cerca de 500 quilos de óleo por hectare, o Pinhão Manso tem potencial para produzir 1,5 mil quilos na mesma área. Além do rendimento maior, o pinhão manso tem a vantagem de não concorrer com o mercado alimentício, como a soja. A planta é de fácil manejo, mas é pouco tolerante a geadas e não se desenvolve bem em regiões muito frias (GONÇALVES, 2012). Por isso, estudos com este tipo de cultura no Mato Grosso

do Sul tendem a serem promissores

Assim, este trabalho objetivou a produção biodiesel, pelo processo de transesterificação, a partir de óleo de Pinhão Manso, avaliando diferentes álcoois, etanol e metanol, etambém a influência do tempo de reação na qualidade e na quantidade do produto formado.

METODOLOGIA

Foram realizados testes em escala de bancada, reagindo o óleo de Pinhão Manso, metanolou etanol, na proporção 6:1, em meio alcalino, sendo avaliada a qualidade e quantidade do biodiesel obtido nos tempos de reação de 20 e 60 minutos.

As sementes foram aquecidas e submetidas a prensagem (Figura 1). O óleo obtido foi filtrado (Figura 2) e armazenado sob refrigeração em ausência de luz.



Figura 1. Sistema de prensa hidráulica utilizada para a extração do óleo de Pinhão Manso.

Foram dissolvidos 1,5 g de hidróxido de potássio (KOH) em 25 mL de metanol ou etanol com auxílio de agitação, refluxo e controle de temperatura (60°C), por uma hora.

Foi adicionado em um balão de fundo redondo 100g de óleo de Pinhão Manso. Posteriormente o óleo foi levado a aquecido em banho-maria, sob agitação, até que atingisse a temperatura de 60°C. Em seguida, foi adicionada as soluções de metóxido ou etóxido de potássio, recentemente preparadas, deixando a mistura reagir, sob agitação, pelos tempos de 20 ou 60 minutos.



Figura 2. Filtração do óleo de Pinhão Manso.

A mistura reacional foi transferida para um funil de separação para que ocorresse a separação de fases (Figura 3). Na fase superior ficou contido o biodiesel, e na fase inferior, o glicerol, sabões, excesso de base e álcool. O tempo de separação de fases foi de 24 horas.



Figura 3. Etapa de separação de fases.

A fase inferior foi recolhida em uma proveta e o volume anotado. Pela abertura da parte superior do funil foi transferido o volume de biodiesel (fase superior) para outra proveta, sendo anotado também o volume gerado. Posteriormente, o biodiesel foi retornado ao funil de

separação para procedimentos de lavagem.

As lavagens (Figura 4) foram realizadas inicialmente com solução aquosa de HCl a 0,5% v/v, posteriormente, o biodiesel foi lavado com água destilada, totalizando 3 lavagens com cada solução, à 80°C. Em seguida, o biodiesel foi recolhido em um béquer e submetido a aquecimento para eliminação da água restante, em temperatura de aproximadamente 110°C.



Figura 4. Biodiesel sendo submetido ao processo de lavagem.

Posteriormente foram avaliadas as propriedades físico-químicas dos óleos de Pinhão Manso e do biodiesel produzidos com a determinação dos índices de acidez, peróxido, saponificação e determinação da densidade absoluta, umidade e matéria volátil

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudou-se inicialmente os tempos de transesterificação de 20 e 60 minutos avaliando-se os volumes de produtos obtidos (Tabela 1).

Pelos dados apresentados na Tabela 1, avaliando o tempo de reação, pode-se observar que houve maior formação de biodiesel para o tempo de reação de transesterificação de 20 minutos. A matéria-prima e os parâmetros de processo (proporção de óleo:álcool, catalisador e a sua respectiva quantidade, tempo de reação e temperatura) geralmente influenciam na

quantidade e na qualidade do produtos formado.

Tabela1. Volumes dos produtos obtidos após diferentes tempos de reação de transesterificação, antes do processo de lavagem.

| | Volume Glicerina (mL) | Volume Biodiesel (mL) |
|--|----------------------------------|----------------------------------|
| Biodiesel Pinhão Manso metílico 60 min | 39 | 95 |
| Biodiesel Pinhão Manso metílico 20 min | 28 | 102 |
| Biodiesel Pinhão Manso etílico 60 min | 49 | 80 |
| Biodiesel Pinhão Manso etílico 20 min | 40 | 90 |

Outro fator que parece ter influenciado no rendimento da reação em relação a produção do biodiesel foi o álcool utilizado. Segundo Macedo e Nogueira (2004), a transesterificação etílica é significativamente mais complexa do que a metílica, pois, com o aumento da cadeia carbônica do álcool, maior o impedimento espacial para que ocorra a reação. O mesmo confirma Parente (2003), ao considerar que, técnica e economicamente, a reação via metanol é muito mais vantajosa do que a reação via etanol.

Pelos ensaios realizados pode-se observar que, considerando a formação de biodiesel, a reação de transesterificação utilizando o metanol mostrou-se mais eficiente se comparado com a utilização do etanol, o volume produzido para o tempo de 60 minutos foi 15,8% superior e para o tempo de 20 minutos, 11,8%. Porém, vale a pena salientar que o etanol é produzido a partir de fontes renováveis, é menos tóxico e é produzido em larga escala em nosso país.

Óleo de Pinhão Manso e os biodieseis formados foram caracterizados e os resultados obtidos estão apresentados nas Tabela 2 e 3, respectivamente, assim como valores de referência (ANP, 2012) e alguns resultados obtidos por demais autores.

Em função do rendimento de biodiesel pela rota etílica ser um pouco inferior em relação a rota metílica, certas análises não foram possíveis de serem realizadas, tais como índice de iodo e umidade. Nova extração não foi realizada pois a qualidade do óleo e do biodiesel não seriam as mesmas, mesmo que a metodologia utilizada inicialmente fosse reproduzida.

O estudo do índice de acidez tem a finalidade de quantificar os teores de ácidos graxos livres presentes em óleos, o que caracteriza a rancidez, isto é, a decomposição dos glicerídeos devido ao aquecimento ou presença de luz (BRASILINO, 2010). Valores altos indicam índices elevados de degradação, afetando a estabilidade térmica e oxidativa de óleos e

combustível.

Tabela 2. Resultados obtidos na caracterização físico-química do óleo de Pinhão Manso e valores relatados por demais autores.

| Amostras Autores | Índice de Saponificação (mg KOH/g amostra) | Índice de Acidez (mg KOH/g amostra) | Índice de Peróxido (meq/1000g amostra) | Densidade Absoluta (kg/m ³) | Umidade (% p/p) |
|---------------------|---|--|---|---|--------------------|
| Óleo de PM | 190 | 4,80 | 18,3 | 1,11 | 0,0024 |
| Alves, 2010 | 182 | 4,49 | - | - | - |
| Araujo, 2011 | 185 | 0,62 | - | 0,91 | - |
| Casarini, 2011 | 193 | 1,36 | * | - | - |
| Tavares, 2012 | - | 8,38 | - | - | - |
| Cetec, 1983 | 187 | 0,96 | 9,98 | 0,90 | - |
| Chagas, 2007 | 133 | 15,1 | - | 0,37 | 0,0133 |
| Tapenes, 2008 | 166 | 3,5 | 10,0 | 0,92 | - |

PM = Pinhão Manso; * Método diferente do aplicado nesta pesquisa.

Tabela 3. Resultados obtidos na caracterização físico-química dos biodieseis e valores relatados por demais autores.

| Amostras Autores | Índice de Saponificação (mg KOH/g amostra) | Índice de Acidez (mg KOH/g amostra) | Índice de Peróxido (meq/1000g amostra) | Densidade Absoluta (kg/m ³) | Umidade (% p/p) |
|----------------------|---|--|---|---|--------------------|
| BPMM60 min | 196,14 | 1,34 | 232,54 | 1019,6 | 0,0193 |
| BPMM 20 min | 190,35 | 0,96 | 147,70 | 960,0 | 0,0247 |
| BPME 60 min | 180,64 | 2,07 | - | - | 0,0120 |
| BPME 20 min | 187,73 | 2,01 | - | - | 0,0112 |
| ANP | - | 0,5 | - | 850 a 900 | - |
| Tapenes, 2008 | - | 0,4 | 19,35 | - | - |
| Araujo, 2011(BMDA) | - | 0,022 | - | - | 0,00875 |
| Araujo, 2011 (BMDAE) | - | 0,028 | - | - | 0,00876 |
| Achten et al., 2008 | - | 0,06-0,5 | - | - | - |

BPMM = biodiesel produzido a partir do Pinhão Manso por rota metílica; BPME= biodiesel produzido a partir do Pinhão Manso por rota etílica; BMDA = biodiesel metílico degomagem com água; BMDE= biodiesel metílico degomagem especial.

Como demonstrado na Tabela 3, o nível de acidez do biodiesel formado por rota metílica e etílica, para os tempos reacionais de 20 e 60 minutos, apresentaram valores acima permitidos pela ANP (2012). Porém, estes valores foram inferiores ao obtido quando se analisou a acidez do óleo que gerou os biodieseis (Tabela 2).

Avaliando a acidez do óleo, houve uma grande faixa de variação para o parâmetro nos trabalhos apresentados a partir da revisão da literatura. Para a aceitabilidade de óleos vegetais é importante que os valores para o índice de acidez sejam baixos, pois valores elevados são indicativos de alterações pronunciadas, comprometendo a capacidade de utilização dos

mesmos.

O monitoramento da acidez dos óleos vegetais também é usado como método auxiliar durante as fases de processamento, estocagem e controle de qualidade dos mesmos (GALVÃO, 2007). Para a produção de biodiesel é importante o controle da acidez dos óleos vegetais, uma vez que o excesso de ácidos graxos livres pode levar a reações de saponificação, que competem com a reação de transesterificação, quando o processo ocorre na presença de hidróxidos (catálise básica), sendo que valor igual ou inferior a 1,0 mg KOH/g pode resultar na eliminação do pré-tratamento de neutralização, reduzindo assim etapas de tratamento da matéria-prima, as quais geralmente demandam tempo, custos e geração de resíduos para o descarte (MELO, 2010).

Considerando a acidez do biodiesel nos trabalhos citados na Tabela 3, os demais autores conseguiram produtos dentro do padrão previsto na legislação para as condições estudadas.

A diferença entre o índice de saponificação e o índice de acidez resulta no índice de ésteres, que é definido como sendo a quantidade de triglicerídeos presentes na amostra (ALVES et al., 2011). A qualidade do biodiesel está diretamente ligada a estes valores sendo que, quanto mais baixos, maior a estabilidade do produto. Porém analisando-se a variação ocorrida, ela parece não ser muito significativa o que resulta em um baixo índice de variação de ésteres, apresentando grau de estabilidade semelhante entre eles.

O índice de peróxido é um dos métodos mais utilizados para medir o estado de oxidação de óleos e gorduras. Segundo Malacrida (2003), esse índice nos óleos não deve ultrapassar o valor de 10 meq/1000g de amostra. O óleo analisado neste trabalho resultou em valores próximos ao dobro do sugerido (Tabela 2). Para os biodieseis os valores foram muito superiores (Tabela 3), sendo que ao efetuar esta determinação, de acordo com Berset (1996), deve ser levado em consideração que: o iodo liberado pode fixar-se às duplas ligações dos ácidos graxos insaturados, dando um valor menor para o índice de peróxido; o oxigênio presente no meio pode levar à liberação de iodo e dar origem a um valor errôneo de índice de peróxido por excesso; a determinação do ponto final da titulação é difícil quando o nível de peróxido é baixo (0,06 - 20,00 meq/Kg), mesmo tendo o amido como indicador (BERSSET, 1996).

No caso dos triglicerídeos, quanto menor for o seu peso molecular e mais alto for o seu grau de insaturação, menor será sua densidade, existindo assim, uma relação estreita entre a densidade e os índices de saponificação e de iodo (TAVARES, 2012). Os dados obtidos de densidade absoluta do óleo foram semelhantes aos apresentados em quase todos os demais

trabalhos, o que pressupõe que essa pequena variação pode ser dada em função à variabilidade genética dos grãos ou a temperatura a qual a análise foi realizada. Sendo que os resultados obtidos para o biodiesel também foram muito semelhantes ao dos óleos de Pinhão Manso e acima do que prevê a legislação.

O teor de umidade da matéria-prima utilizada para produção de biodiesel deve ser o menor possível, pois assim como a presença de ácidos graxos livres provoca a formação de reações secundárias, a presença de água no meio reacional provoca a hidrólise dos ésteres formados, aumentando o teor de ácidos graxos livres e, conseqüentemente, aumenta a produção de sabão. De acordo com Ma e colaboradores (1998), Mae Hanna (1999), Berchmanse Hirata (2008) e Silva Filho (2009), o teor de água no biodiesel deve estar abaixo de 0,06%, o que pode ser observado nas Tabelas 3.

De acordo com Brandão e colaboradores (2006) e Lacerda e colaboradores (2005), o tempo de reação é uma variável importante, pois a transesterificação é um processo reversível e o equilíbrio reacional pode acontecer em tempos variáveis. Porém, apesar de haver maior formação de biodiesel para os dois tempos de reação utilizando o metanol, as características químicas e físicas analisadas para o produto formado são semelhantes.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, o óleo de Pinhão Manso apresentou características semelhantes às da literatura.

Pode-se concluir que para o processo de transesterificação, no tempo reacional de 20 minutos, obteve-se resultados mais satisfatórios que no tempo de 60 minutos, se considerarmos o volume de biodiesel gerado. Considerando o solvente utilizado, o metanol gerou maiores volumes do produto de interesse. Assim, o melhor método, dos estudados, foi a reação de transesterificação no tempo de 20 minutos por rota metílica.

Porém, a partir dos resultados obtidos, consideramos que a rota etílica também pode ser viável para a fabricação de biodiesel em função da menor toxicidade do etanol, deste ser advindo de fontes renováveis e ainda ter sua tecnologia de produção dominada no mercado brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela bolsa concedida, ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI - Dourados – MS, pela cessão do equipamento e auxílio na extração mecânica do óleo de Pinhão Manso, e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa - Agropecuária Oeste, pelo fornecimento das sementes de Pinhão Manso utilizadas na pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 14, 11/05/2012. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel.asp>>. Acesso em: 28 de julho 2014.

ALVES, M. A. B.; SERRA, J. C. V. Caracterização físico-química de óleo de Pinhão Manso cultivado no estado do Tocantins. Tocantins, 2010.

ARAÚJO, F. D. S. et al. Caracterização do óleo e biodiesel de Pinhão-Manso (*Jatropha Curcas* L.). Teresina, 2011.

ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de Pinhão Manso (*Jatropha curcas*) como alternativa para o semi-árido nordestino. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras, v. 8, n. 1, p. 789-799, 2004.

BRANDÃO, K. S. R.; SILVA, F. C.; LOUZEIRO, H. C.; SOUZA, A. G.; CONCEIÇÃO, M. M.; MOURA, K. R. M. Otimização do processo de produção de biodiesel metílico e etílico de babaçu. I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, artigos técnicos-científicos, 2006.

BRASILINO, M. G. A. Avaliação da estabilidade oxidativa do biodiesel de Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.) e suas misturas ao diesel. 2010. 122 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

BERCHMANS, H. J.; HIRATA, S. Biodiesel production from crude *Jatropha curcas* L. Seed oil with a high content of free fatty acids. Bioresource Technology, v. 99, Issue 6, p. 1716-1721, 2008.

BERSET, C.; CUVELIER, M. E.; Méthodes d` evaluation du degré d` oxidation des lipides et de mesure du pouvoir oxydant. Science des Aliments, 1996, v.16, p. 219-245.

BICUDO, T. C. et al. Estabilidade e Tempo de Indução Oxidativa do Óleo de Pinhão Manso para Produção de Biodiesel. Paraíba, 2007. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/caracterizacao/26.pdf>>

Acesso em: 28 de julho 2014.

CASARINI, M. B. et al. Rendimento e qualidade do óleo de Pinhão Manso (*Jatropha curcas*), avaliação dos fatores antinutricionais do farelo. Campinas- SP, 2011.

CETEC. Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais: relatório final do Convênio STI- MIC / CETEC. Vol. 1 e 2. CETEC. Belo Horizonte, 1983. v.1/2.

CHAGAS, M. P. N. et al. Caracterização físico-química da semente e óleo de pinhão manso (*Jatropha curcas*) cultivado no Maranhão. São Luis, 2007.

DEMIRBAS, A. Biodiesel production via non-catalytic SCF method and biodiesel fuel characteristics. *Energy Convers. Mgmt.*, 47, 2271, 2006.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja - taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo gerador de energia. Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v28n1/23031.pdf>> Acesso em: 28 de julho 2014.

FREEDMAN, B.; BUTTERFIELD, R. O.; PRYDE, E. H. Transesterification kinetics of soy bean oil. *Journal of American Oil Chemistry Society*, v. 63, N. 10, p. 1375 – 1380, 1986.

Galvão, L.P.F.C.; Avaliação Termoanalítica da Eficiência de Antioxidantes na Estabilidade Oxidativa do Biodiesel de Mamona (dissertação de Mestrado); Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, RN, 2007.

GONÇALVES, J. Projeto testa Pinhão-manso para biodiesel e querosene. 2012. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/bioqav/projeto-pinhao-manso-biodiesel-querosene-280212.htm>>. Acesso em: 28 de julho 2014.

HOLANDA, A., Biodiesel e Inclusão Social. Brasília, Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, p. 200, 2004.

LACERDA, F. B.; SILVA, F. C.; MELO, C. K.; BRANDÃO, K. S. R.; CARDIAS, H. T. C. Otimização das condições reacionais do processo de produção de biodiesel etílico a partir do óleo de babaçu (*Orbignyana martiana*) Encontro Nacional dos estudantes de Química, São Luís, 2005.

MA, F.; CLEMENTS, L. D.; HANNA, M. A. The effects of catalyst, free fatty acids, and water on transesterification of beef tallow. *Transactions of the ASAE*, v. 41, no. 5, p. 1261-1264, 1998.

MA, F.; HANNA, M. A. Biodiesel production: a review, *Bioresource Technology*, v.70, p.1-

15, 1999.

MACEDO, I. C.; NOGUEIRA, L. A. H. Avaliação do Biodiesel no Brasil_revisado. CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2004.

MALACRIDA, C. R.; JORGE, N. Alterações do óleo de soja e da mistura azeite de dendê - óleo de soja em frituras descontínuas de batatas chips. Brazilian Journal of Food Technology, v.6, n.2, p. 245-249, 2003.

MARQUES, D. A. Pinhão manso para produção de biodiesel: um promissor negócio ou um grande desastre. APTA, São Paulo, ago. 2007. Disponível em: <<http://www.apta.sp.gov.br/noticias.php?id=2709>>. Acesso em: 6 abr. 2013.

MELO, M.A.M.F.; Avaliação das Propriedades de Óleos Vegetais visando a Produção de Biodiesel (dissertação de Mestrado); Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa, PB, 2010.

OLIVEIRA, L. B.; COSTA, A. O. Biodiesel: uma experiência de desenvolvimento sustentável. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 2002, Rio de Janeiro: COPPE, 2002. Disponível em: <<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/download/765/607>>. Acesso em: 4 abr. 2013.

PARENTE, E. J. S. Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Tecbio, 2003. 68p.

PENHA, M. N. C. et al. Caracterização físico-química da semente e óleo de pinhão manso (Jatropha curcas) cultivado no Maranhão. Maranhão, 2007. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/caracterizacao/13.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

SCHUCHARDT, U.; SERCHELI, R.; VARGAS, R. M. Transesterification of vegetable oils: a review. J. Braz. Chem. Soc., 9, 199, 1998.

TEIXEIRA, L. C. Produção de biodiesel. Informe agropecuário. Belo Horizonte, v.26, n.229, p.79-86, 2005.

TAPANES, N. L. C. O. Produção de biodiesel a partir da transesterificação de óleo de Pinhão Manso (jatropha curcas lin): estudo teórico e experimental, 2008. 203 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

TAVARES, Doralice Chagas. Estudo do efeito das misturas de óleos de pinhão manso, fritura e sebo bovino na produção de biodiesel. 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Instituto de Tecnologia Departamento de Engenharia Química Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, Seropédica, 2012.

WORLD DEVELOPMENT INDICATORS (WDI). USF Oceanography web page,
Disponível em: <<http://www.research.usf.edu/>>, 2004. Acesso em: 4 abr. 2013.