

## UTILIZAÇÃO DE SEMENTES DE *Moringa oleifera* Lam COMO ALTERNATIVA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

### MORINGA OLEIFERA LAM SEEDS AS AN ALTERNATIVE TO BIODIESEL PRODUCTION: REVIEW

Tamires Cruz Santos Silva<sup>1</sup>; Tatiana Pacheco Nunes<sup>2</sup>, Denise Gonçalves Costa<sup>3</sup>; Lucas Almeida Leite Costa Lima<sup>4</sup>; Gabriel Francisco da Silva<sup>5</sup>, Antônio Martins de Oliveira Junior<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Sergipe – UFS - São Cristóvão/SE - Brasil  
tss.cruz@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Sergipe – UFS - São Cristóvão/SE, Brasil  
tpnunes@uol.com.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Sergipe – UFS - São Cristóvão/SE, Brasil  
denise\_goncalves.ufs07@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Universidade Federal de Sergipe – UFS - São Cristóvão/SE, Brasil  
lucas\_ddd007@hotmail.com

<sup>5</sup> Universidade Federal de Sergipe – UFS - São Cristóvão/SE, Brasil  
[gabriel@ufs.br](mailto:gabriel@ufs.br)

<sup>6</sup> Universidade Federal de Sergipe – UFS - São Cristóvão/SE, Brasil  
antonio\_martins@pq.cnpq.br

#### Resumo

*A Moringa oleifera Lam é uma espécie vegetal originada do Nordeste da Índia, com diversas aplicações na alimentação animal e humana, bem como no tratamento de água. Pelo fato de se poder obter até 38% de óleo de alta qualidade a partir da semente da mesma, esta se torna uma fonte oleaginosa promissora para a produção de biodiesel, em uma época onde é crescente a necessidade de novas alternativas ao diesel de origem fóssil. Neste trabalho, fornecemos um panorama geral do estado da arte em relação a este tema.*

**Palavras-chave:** moringa, biodiesel, transesterificação.

#### Abstract

*Moringa oleifera Lam is a plant species originated in northeast India, with diverse applications in the animal and human feeding, as well as in water treatment. Because being able to get up to 38% of high quality oil from the seed, it becomes a source promising oilseed for biodiesel production at a time when there is a growing need for new alternatives to fossil diesel fuel. In this paper, we provide an overview of the state of the art regarding this topic.*

**Keywords:** moringa, biodiesel, transesterification.

## 1. Introdução

A *Moringa oleífera*, planta da família Moringaceae, é nativa da Índia, Paquistão, Bangladesh e Afeganistão e foi introduzida no Brasil por volta de 1950. É cultivada na África, Ásia, América Latina e em quase todos os países de clima tropical. No Brasil, é encontrada em maior número na região Nordeste, principalmente nos estados do Maranhão, Piauí e Ceará (CYSNE, 2006). Há um esforço no sentido de difundir-la como hortaliça, por suas folhas serem ricas em vitamina A (AMAYA et al, 1992; KERR et. al, 1998; SILVA; KERR, 1999) , como brócolis, cenoura, couve, espinafre e alface (LÉDO , 2008). Possui importância econômica significativa com diversas utilidades na indústria e na medicina (MAKKAR; BECKER, 1997), na qual é utilizada para muitos propósitos, onde a maioria de suas partes é útil para várias aplicações, sendo referida como “árvore milagrosa” (FUGLIE, 1999). Extratos das folhas possuem atividade hipocolesterolêmica (CHAWLA et. al, 1988), hipotensiva e anti-ulcerativa (GERDES, 1994), bem como as sementes possuem atividade anti fúngica, antibacteriana (MEHER; SAGAR; NAIK, 2004; RODRIGUES, 2007; RASHID, et. al, 2007; VASCONCELOS et. al, 2009). Além disso, o óleo extraído das sementes possui excelente qualidade podendo ser usado pelas indústrias alimentícias, farmacêutica e de cosméticos, bem como para cozinhar e confeccionar sabão. As sementes também podem ser utilizadas para o tratamento de água por floculação e sedimentação. As frutas, sementes, folhas e flores têm excelente valor nutricional e são consumidas tanto na alimentação humana quanto animal (KAFUKU; MBARAWA, 2010; RASHID et. al, 2011), em países como Índia, Paquistão, Filipinas e boa parte da África (D’SOUZA AND KULKARNI, 1993; ANWAR AND BHANGER, 2003; ANWAR ET AL., 2005).

As sementes desta planta e de outras espécies do mesmo gênero apresentam uma potencialidade a qual está sendo explorada na atualidade para: a produção de biodiesel a partir do óleo extraído da semente. A alta demanda de energia pelo setor industrial e doméstico, bem como os problemas de poluição causados devido ao indiscriminado uso dos combustíveis fósseis, têm resultado em uma crescente necessidade de desenvolver fontes de energias renováveis sem limites de duração e com menor impacto ambiental que os meios tradicionais existentes, estimulando o empenho por parte de diversos pesquisadores na busca de fontes alternativas para substituir os combustíveis à base de petróleo (RASHID et. al, 2008).

O biodiesel etílico e metílico podem ser uma alternativa excelente como combustível automotivo a ser utilizado como substituto ou em misturas com o diesel de petróleo, pois reduz as emissões de gases conhecidas por causar o efeito estufa. O biodiesel etílico, em particular, é renovável, e sua produção gera trabalhos novos no campo agrícola e industrial, que contribuem para os benefícios sociais (EJIGU, 2010).

Rashid et al. (2007) afirmam que a produção de biodiesel derivado do óleo de *Moringa oleifera* Lam é uma alternativa aceitável e sugerem que o uso deste biocombustível deve ser em mistura com óleo diesel de origem fóssil (LÔBO et al, 2009).

O processo de obtenção do biodiesel *'in situ'* consiste principalmente na transesterificação a partir das sementes trituradas da oleaginosa, sem a necessidade da extração do óleo das sementes reduzindo, assim, os custos na produção e os riscos na prática industrial, uma vez que dispensa a utilização de solventes, potenciais causadores de danos ao meio ambiente (LUQUE et al, 2010).

O presente trabalho consiste na abordagem do estado da arte, no qual são expostos conceitos fundamentais a respeito da utilização do óleo da semente de *Moringa oleifera* Lam na produção de biodiesel, bem como uma compilação geral do que tem sido feito e o quanto se tem evoluído em termos de inovação, dentro e fora do país a respeito deste tema.

## 2. Revisão de literatura

### Moringa

A *Moringa oleifera* Lam pertence a família Moringaceae e teve sua origem em Agra e Oudh, na região noroeste da Índia, sul do Himalaia. (FOIDL et al., 2001). É um arbusto ou árvore de pequeno porte com crescimento rápido que chega a alcançar 12 m de altura (Figura 1). Possui uma copa aberta, em forma de sombrinha e usualmente um único tronco (SOUZA, 2009) (JAHN, 1988). Atualmente é largamente cultivada e se tornou típica de muitas regiões tropicais sendo uma importante cultura em países como Etiópia, Filipinas, Sudão, África Oriental, Ocidental e do Sul, Ásia tropical, América Latina, Caribe, Flórida e Ilhas do Pacífico (FAHEY, 2005).



Figura 1: *Moringa oleifera*  
Fonte: SBRT, 2008.

A moringa caracteriza-se por ser bastante tolerante à seca, sendo cultivada em regiões áridas e semi-áridas, as quais possuem precipitações anuais abaixo de 300 mm (PEREIRA, 2010), sendo dessa forma uma cultura bastante viável economicamente.

## Utilização

A torta, obtida após a extração mecânica do óleo das sementes, possui alto teor de proteína e algumas dessas proteínas são polieletrólitos catiônicos ativos de alto peso molecular, que tem a função de neutralizar os colóides em água suja ou lamacenta, já que a maioria dos colóides possui carga elétrica negativa, ou seja, essas proteínas desestabilizam as partículas contidas na água e através de um processo de neutralização e adsorção, floculam os colóides seguindo-se de sedimentação (NDABIGENGESERE *et al.*, 1995). Essa proteína pode, portanto ser utilizada como um polipeptídeo natural não tóxico para a sedimentação de partículas minerais e orgânicas na clarificação de água ou para a sedimentação de fibras na indústria de sucos e cerveja (FOIDL *et al.*, 2001). PEREIRA *et al.* (2009) também citaram em seu trabalho essa vantagem, o que faz das sementes de moringa um espécie vegetal com diferencial importante quando comparado a outras fontes oleaginosas (PARENTE, 2003). São tradicionalmente usadas para tratamento de água de uso doméstico no Sudão e na Indonésia, bem como nas áreas rurais do nordeste brasileiro (RASHID, 2011; PARENTE, 2003).

Outra aplicabilidade das sementes da moringa é a extração do óleo, já que estas possuem teor lipídico entre 31-47% (ANP, 2008), sendo 13% de ácidos graxos saturados (principalmente palmítico e behênico) e 82% de insaturados (essencialmente oleico) (FOIDL *et al.*, 2001; LALAS e TSAKINS, 2002). Segundo SERRA *et al.* (2007), o óleo extraído da semente seca possui teor de acidez de 7,95 mg KOH/g, 7% de ácido palmítico, 2 % de palmitoléico, 4% de esteárico, 78% de oléico, 1% de linoléico, 4% de araquídico e 4% de behênico (CHRISTOFF, 2007). Esse alto teor de ácido oléico significa que esse óleo é adequado para obtenção de biodiesel, com um baixo teor de insaturação. Isso indica sua boa qualidade para sua estabilidade oxidativa facilitando o transporte e armazenamento (ANP, 2008).

## Biodiesel

O elevado custo do biodiesel quando comparado ao óleo diesel, tende a diminuir a longo prazo, devido aos seguintes fatores: avanços na estruturação da cadeia, a ampliação das plantas industriais de produção, a diversificação de insumos para sua fabricação, e o desenvolvimento de um ambiente mais competitivo. Esse cenário o torna um produto mais competitivo em relação a outras fontes de energia de origem fóssil (ROCHA & CARRILHO, 2008). Como ocorre na Alemanha, que já produz biodiesel a custos iguais ao óleo diesel (SILVA, 2008).

Dentre todas as fontes de energia renováveis, os óleos vegetais têm sido investigados não só pelas suas propriedades, mas também por representarem alternativa para a geração descentralizada de energia, atuando como forte apoio à agricultura familiar, criando melhores condições de vida

(infra-estrutura) em regiões carentes, valorizando potencialidades regionais e oferecendo alternativas a problemas econômicos e sócio-ambientais de difícil solução (RAMOS et al, 2003, RAMOS & WILHELM 2005). As matérias-primas potenciais para a produção nacional de biodiesel podem ser subdivididas nas seguintes classes:

- Óleos vegetais: líquido à temperatura ambiente, como, por exemplo, óleos de algodão, amendoim, babaçu, canola, dendê, girassol, mamona, soja entre outros.

- Gorduras animais: pastosas ou sólidas à temperatura ambiente como, por exemplo, o sebo bovino, óleo de peixe, banha de porco, óleo de mocotó entre outros.

- Óleos e gorduras residuais: nesta classe encontram-se muitas matérias-primas relacionadas ao meio urbano como óleos residuais originários de cozinhas domésticas e industriais (óleo de fritura); gordura sobrenadante (escuma) de esgoto; óleos residuais de processamentos industriais etc (CÂMARA, 2006).

Independente da vocação agrícola de cada região amostrada ou do microclima, o óleo de soja é a principal matéria prima adotada. O problema, porém, são os custos na hora de transformar essa oleaginosa em biodiesel. Embora o governo venha adotando medidas para estimular o produtor a investir nessa nova vertente econômica, tanto a agricultura empresarial, quanto a agricultura familiar, enfrentam grandes desafios. Prova disso é que apenas 1% de toda matéria-prima usada para a fabricação provem da produção familiar (CRUZ, 2012). O Brasil produziu 2.672.760 L de biodiesel em 2011, sendo os estados do Mato Grosso, Goiás, Rio Grande do Sul e São Paulo responsáveis por 82% dessa produção (ANP, 2012). Em abril de 2012, no Brasil, o óleo de soja representou 77,35% da matéria-prima utilizada para produzir biodiesel, seguido por 16,11% de gordura bovina e 3,66% de óleo de algodão (ANP, 2012). Frisa-se também que o biodiesel pode ser usado puro ou misturado ao diesel de origem fóssil em diversas proporções. A mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é chamada de B2 e assim sucessivamente, até o biodiesel puro, denominado B100, de acordo com a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005 da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) (CÁRCERES et al, 1992).

### **Aspectos Tecnológicos**

Os principais processos para a obtenção do biodiesel são o craqueamento, a esterificação, hidroesterificação ou pela transesterificação (Figura 2). Esta última, a mais utilizada, consiste numa reação química de um lipídio com um álcool (metanol ou etanol) na presença de um catalisador ácido ou básico, formando ésteres como principais produtos e glicerol ou glicerina como co-

produto, estes empregados para fabricação de sabonetes e diversos outros cosméticos (PAL; MUKHERJEE; SAHA, 1995; FERREIRA, 2004).



Figura 2: Processo de Produção de Biodiesel por transesterificação  
Fonte: BiodieselBR.com

É importante afirmar que as características físicas e químicas do biodiesel são semelhantes entre si, independentemente de sua origem, isto é, tais características são quase idênticas (Tabela 1), não importando a natureza da matéria-prima e do agente de transesterificação, se etanol ou metanol (PARENTE, 2006). Industrialmente, é mais comum a aplicação da transesterificação alcalina (FREEDMAN et al, 1984; MITTELBAACH, 1990; SUEHARA, 2005; FJERBAEK et al, 2009) processo no qual a fonte oleaginosa empregada com altos teores de água ou ácidos graxos livres necessita de pré-tratamento com catálise ácida (ZHANG, 2003; FJERBAEK; CHRISTENSEN; NORDDAHL, 2009; LAI, 2005).

Tabela 1 – Comparação de características físicas e químicas de diferentes tipos de biodiesel obtidos por rota metílica

Parâmetros	Moringa (Rashid et al., 2011)	Canola (Albuquerque, 2006)	Sebo (Moraes, 2008)
Acidez (mg KOH/g)	0,38	0,55	0,70
Umidade (%)	0,01	0,05	---
Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	875	880	872
Teor de enxofre (%)	0,012	0,001	---
Ponto de fulgor (°C)	162	174	156,7
Índice de cetano	67	---	60,35

A rota alternativa ao processo convencional para a obtenção de biodiesel é a hidroesterificação que consiste de uma etapa de hidrólise seguida de esterificação. Esse processo favorece a utilização de matérias-primas de qualquer teor de ácidos graxos e umidade como: óleos de plantas oleaginosas, resíduos gordurosos industriais, óleos de frituras, subprodutos de refino de óleos vegetais, algas já que, nesse processo, o ácido graxo é reagente, não sendo, portanto, uma limitação em termos de especificações de matérias-primas, sem a necessidade de um pré-tratamento da matéria-prima através de uma reação de neutralização (ARANDA, 2009).

Como os ácidos graxos são obtidos, tradicionalmente, pela saponificação de óleos ou gorduras com hidróxidos de sódio ou potássio, exigem matérias-primas semi refinadas e consequentemente mais caras. Esse problema afeta o rendimento dessas plantas bem como a dificuldade de separação biodiesel/glicerina. Dessa forma o processo é seguido pela acidificação com ácido mineral, usualmente ácido sulfúrico, fazendo uso de grandes quantidades de ácidos para quebra de emulsão, gerando dessa forma um custo operacional elevado (SUAREZ et al., 2009).

### **Benefícios ambientais do biodiesel**

Os impactos ambientais das emissões são um aspecto importante referente ao uso de qualquer combustível, pois estão diretamente associados aos danos que podem provocar ao meio ambiente e à saúde humana em decorrência de seu uso, principalmente nos centros urbanos densamente habitados (PARTENTE, 2003). Dessa forma, o biodiesel apresenta ótimo potencial de ganhos ambientais. Destaca-se a redução de SO<sub>2</sub>, particulados e hidrocarbonetos. Ademais, por ser renovável, contribui positivamente para evitar o efeito estufa, pois o CO<sub>2</sub> emitido na queima do biodiesel é absorvido na etapa agrícola de seu ciclo produtivo (CAMPOS; CARMELIO, 2006).

Um ponto de extrema importância relacionado com a produção de biodiesel é o risco da concorrência na produção agrícola entre alimentos e energia, já que, teoricamente, a produção para fins de energia diminuirá a disponibilidade de alimentos. Entretanto, Campos e Carmelio (2006) afirmam que o subproduto da extração de óleo, farelo de Moringa, é rico em proteínas, deve ser usado para ração animal ou para fertilizantes naturais. Outro ponto observado pelos pesquisadores é que a produção de matérias-primas para biodiesel tende a empregar terras de menor interesse econômico, como as do semi-árido, bem como usar aqueles períodos em que as terras ficam ociosas, como por exemplo, plantando amendoim ou girassol no período de descanso das terras da cana, ou mesmo plantando o girassol após o milho; e especialmente na agricultura familiar, há preferência pelos sistemas de plantio consorciados, em que a outra cultura agrícola é um alimento, por exemplo: mamona-feijão, mamona-sorgo, dendê-banana e outros.

### 3. Produção de biodiesel da semente de *moringa*: estado da arte

Alguns estudos têm sido realizados com resultados promissores em relação a mais esta potencial utilidade do óleo da semente de moringa. Inicialmente, Aguiar et al. (2009) neutralizou o óleo de moringa, depois o transesterificou pela rota etílica na razão molar 1:6 óleo:etanol com 1% do catalisador, KOH. Estes pesquisadores verificaram que as propriedades físico-químicas do biodiesel de moringa obtido por rota etílica estavam de acordo com o especificado pela ANP (Res. n° 7, 19/03/2008), além de observarem que a estabilidade térmica deste biodiesel foi alta já que sua volatilização iniciou-se a 136 °C.

Em 2010, diferentes trabalhos foram publicados em torno deste tema, como o de Kafuku e Mbarawa (2010), o qual otimizou parâmetros de produção de biodiesel de óleo de *Moringa oleifera*. A partir do valor encontrado de ácidos graxos livres (0,6%) foi possível utilizar o método de transesterificação alcalina para converter ácidos graxos a ésteres metílicos. Os parâmetros de produção ideal, tais como quantidade de catalisador, quantidade de álcool, temperatura, velocidade de agitação e tempo de reação foram determinados experimentalmente e considerados: 1% de catalisador, 30% em peso de metanol, temperatura de reação de 60°C, e taxa de agitação de 400 rpm e tempo de reação de 60 min. Com estas condições ideais, a eficiência de conversão foi de 82% e dessa forma, as propriedades do biodiesel da moringa estavam de acordo com padrões recomendados internacionalmente. No entanto, o biodiesel a partir do óleo da moringa apresentou valores dos pontos de nuvem e de fluidez de 10°C e 3°C, respectivamente, o que faz com que este combustível apresente problemas quando utilizado em temperaturas frias.

Pereira et al. (2010) produziram biodiesel a partir do óleo de moringa pelo processo de hidroesterificação, em um reator batelada, utilizando-se o óxido de nióbio como catalisador. A hidrólise foi realizada em uma razão molar água:óleo de 20:1 em uma temperatura de 300°C durante 1 hora de reação e para a esterificação uma razão molar álcool:ácido graxo de 3:1 em uma temperatura de 200°C durante uma hora de reação. Os resultados foram satisfatórios, mostrando uma conversão em éster metílico de 98% (PARENTE, 2003). Os resultados das análises realizadas com o biodiesel estão de acordo com o previsto na Resolução ANP n° 4, de 02/02/2010, que estabelece a especificação do biodiesel a ser comercializado pelos diversos agentes econômicos autorizados em todo o território nacional (DONLI & DAUDA, 2003). No mesmo ano, Donli e Dauda (2003) também estudaram a estabilidade à oxidação do biodiesel a partir da moringa, tendo em vista a alta estabilidade do óleo. Reações de transesterificação *in situ*, hidroesterificação e transesterificação convencional foram realizadas a fim de verificar a estabilidade a oxidação do biodiesel em cada uma dessas rotas. Os resultados mostraram estabilidade à oxidação maior do que



310 horas utilizando reações de transesterificação *in situ*, indicando que esse biodiesel pode ser utilizado em *blends* como antioxidantes, já que a Resolução ANP nº 4, de 02/02/2010 estabelece o mínimo de 6 horas para uma estabilidade à oxidação satisfatória (DONLI; DAUDA, 2003).

Rashid et al. (2011), com o objetivo de explorar as melhores condições para a transesterificação de óleo de *Moringa oleifera*, utilizaram a metodologia de superfície de resposta (RSM), com delineamento experimental central composto rotativo (CCRD). Foram avaliados os efeitos de quatro variáveis, sendo elas temperatura de reação (25-65°C), tempo de reação (20-90 min.), razão molar metanol/óleo (3:01-0:01) e concentração do catalisador (0,25-1,25%p.p. KOH); o termo quadrático dos três últimos parâmetros citados, bem como a interação entre eles nos experimentos apresentaram efeitos significativos sobre o rendimento da produção de ésteres metílicos a partir de óleo de moringa. Dessa forma, encontraram as seguintes condições ótimas de produção: relação metanol/óleo de 6,4:1 molar, concentração do catalisador de 0,80%, temperatura de reação de 55°C e tempo de reação de 71,08 min, oferecendo 94,30% de rendimento. Os valores experimentais e preditos tiveram uma correlação linear. O éster metílico de ácido oléico foi o mais produzido, com contribuição de 73,22%.

A estabilidade térmica do combustível foi avaliada por curva termogravimétrica e as demais parâmetros (densidade, viscosidade cinemática, a lubrificidade, estabilidade oxidativa, o valor mais elevado de aquecimento, o número de cetano, ponto de nuvem etc.). A análise termogravimétrica foi realizada sob atmosfera inerte, em uma faixa de temperatura de 50 a 300,21°C. Como esperado, o éster metílico do óleo de moringa não apresentou nenhuma perda de massa até a temperatura de 169,91°C, revelando sua alta estabilidade. Na curva termogravimétrica, a maior perda de massa (99,67%) foi verificada sob a temperatura de 300,21°C. As propriedades do biodiesel produzido a partir de óleo de moringa (rota metílica) foram comparadas com os padrões estabelecidos pela ASTM e pela EN 14214, os quais foram incluídos a densidade (875 Kg/m<sup>3</sup>), viscosidade cinemática (4,80 mm<sup>2</sup>/s), ponto de chama (162°C), alto valor energético (45,28 MJ/Kg), número de cetanos (67), acidez (AV, 0,38 mg KOH/g), concentração de enxofre (0,012% por massa), resíduo mineral (0,010% por massa) e umidade (<0,01% por massa). Rashid juntamente com outros colaboradores já haviam realizados testes preliminares em 2008, comparando as características do biodiesel produzido a partir do óleo de moringa com outros combustíveis produzidos a partir de óleos convencionais.

#### 4. Considerações finais

Mesmo que ainda não existam muitos estudos a respeito da viabilidade da utilização do óleo da semente de moringa na produção de biodiesel, os resultados obtidos possibilitam concluir que a produção é potencialmente viável, evita a concorrência da produção de biocombustíveis *versus*

produção de alimentos que ocorre com outras matrizes vegetais, como soja, milho, dendê entre outros, além de ser uma fonte oleaginosa com composição de ácidos graxos de qualidade superior em relação a outros óleos.

As pesquisas realizadas nesta área indicam maior *know-how* nos processos tradicionalmente mais aplicados, utilizando-se metanol ou etanol, sendo esta última opção mais incentivada por parte do governo brasileiro, pela larga produção de etanol a partir da cana-de-açúcar e demais aspectos já citados anteriormente. Este campo de estudo é muito promissor e tem trazido vários resultados positivos no sentido desta ser mais uma alternativa ao combustível fóssil, que nos traz tantos malefícios e desvantagens.

## 5. Referências Bibliográficas

AGUIAR, R. T.; BOTELHO, J. R.; de SOUZA, A. G.; CARVALHO FILHO, J. R.; DANTAS, M. B.; ROSENHAIM, R. Estudo físico-químico e térmico do biodiesel etílico de moringa (*oleifera* Lam). Encontro Nacional de Moringa, 02 a 04 de setembro de 2009 Aracaju – SE.

ALBUQUERQUE, G. A. Obtenção e caracterização físico-química do biodiesel de canola. Dissertação (Mestrado). UFPB. João Pessoa – PB, 2006.

AMAYA, D. R.; KERR, W. E.; GODOI, H. T.; OLIVEIRA, A. L.; SILVA, F. R. **Moringa hortaliça arbórea rica em beta-caroteno**. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 10, n. 2, p. 126, 1992.

ANP Anuário Estatístico 2012. Seção 4 – **Biocombustíveis**. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/?pg=61387&m=biodiesel&t1=&t2=biodiesel&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cache bust=1345132372682#Se\\_\\_o\\_4](http://www.anp.gov.br/?pg=61387&m=biodiesel&t1=&t2=biodiesel&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cache bust=1345132372682#Se__o_4)>. Acesso em 16 out 2012.

ANP, 2010, Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 24 de julho de 2012.

ANP, Resolução nº 07 de 19/08/2008. Acesso em: <http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll?f=templates&fn=default.htm&vid=anp:10.1048/enu>. Acesso em 19/09/2012.

ANWAR, F.; ASHRAF, M.; BHANGER, M. I. 2005. Interprovenance variation in the composition of Moringa oleifera oilseeds from Pakistan. J Am Oil Chem Soc 82: 45–51.

ANWAR, F.; BHANGER, M. I. 2003. Analytical characterization of Moringa oleifera seed oil grown in temperate regions of Pakistan. J Agric Food Chem 51: 6558–6563.

ARANDA, D. A. G.; GONÇALVES, J. A.; PERES J. S.; RAMOS A. L. D.; MELO -JUNIOR C. A. R. ; ANTUNES, O. A. C.; FURTADO, N. C.; TAFT C. A. **The use of acids, niobium oxide, and zeolite catalysts for esterification reactions**. *Journal of Physical Organic Chemistry*, 22, p. 709-716, 2009.

CÂMARA, G.M.S. 2006 Biodiesel Brasil – **Estado atual da arte**. Disponível em: <[http://www.cib.org.br/pdf/biodiesel\\_brasil.pdf](http://www.cib.org.br/pdf/biodiesel_brasil.pdf)>. Acesso em: 27 out 2012

- CAMPOS, A.; CARMELIO, E.C. **Biodiesel e agricultura familiar no Brasil: resultados socioeconômicos e expectativa futura.** 2006. Disponível em: <[http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl\\_1201279825.pdf](http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1201279825.pdf)>. Acesso em 04 nov 2012.
- CÁRCERES, A.; SARAIVA, A.; RIZZIO, S.; ZABALA, L.; DE LEON, E.; NAVY, F. Pharmacological properties of *Moringa oleifera*. 2: screening for antispasmodic, anti-inflammatory and diuretic activity. *J Ethnopharmacol.* 1992; 36(3):233-7.
- CHAWLA, S.; SAXENA, A.; SESHADRI, S. In vitro availability of iron various green leafy vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture, England*, v. 46, n. 1, p. 125-127, 1988.
- CHRISTOFF, P. Produção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura comercial estudo de caso: Guaratuba, litoral paranaense, Curitiba, 2007. 82 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia.
- CRUZ, F. **Quatro estados brasileiros concentram 82% da produção de biodiesel no país.** 2012. Disponível em: <<http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/biocombustivel/104123-quatro-estados-brasileiros-concentram-82-da-producao-de-biodiesel-no-pais.html>>. Acesso em 16 novembro 2012.
- CYSNE, J. R. B. Propagação in vitro de *Moringa oleifera* L. Fortaleza, 2006 81 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.
- D'SOUZA, J.; KULKARNI, A. R. 1993. Comparative studies on nutritive values of tender foliage of seedlings and mature plants of *Moringa oleifera* Lam. *J Econ Taxon Bot* 17: 479–485.
- DONLI, P. O.; DAUDA, H. Evaluation of aqueous moringa seed extract as a seed treatment biofungicide for groundnuts. *Pest Management Sci.* 2003; 59(9):1060-2.
- EJIGU, A.; ASFAW, A.; ASFAWAND, N.; LICENCE, P. *Moringa stenopetala* seed oil as a potential feedstock for biodiesel production in Ethiopia. *Green Chem.*, 2010, 12, 316–320.
- FAHEY, J.W. ***Moringa oleifera*: A Review of the Medical Evidence for Its Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties. Part 1.** *Trees for Life Journal* 2005. Disponível em:<<http://www.TFLJournal.org/article.php/20051201124931586>>.
- FERREIRA, P. M. P. Atividade Larvicida do extrato aquoso de *Moringa oleifera* lamarck contra *Aedes aegypti* linnaeus: identificação parcial e caracterização bioquímica do princípio ativo [monografia]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; 2004.
- FJERBAEK, L.; CHRISTENSEN, K. V.; NORDDAHL, B. A Review of the Current State of Biodiesel Production Using Enzymatic Transesterification. *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. 102, nº 5, April 1, 2009.
- FOIDL N., MAKKAR H.P.S. AND BECKER K. **The potential of *moringa oleifera* for agricultural and industrial uses.** What development potential for Moringa products ? October 20th - November 2nd 2001. Dar Es Salaam Disponível em: <<http://ruralsementes.com.br/produtos/The%20potential%20of%20moringa%20oleifera%20for%20agricultural%20and%20industrial%20uses.pdf>>. Acesso em 25 out 2012.
- FOIDL, N ; MAYORGA, L Y CÁSQUEZ, W. Conferencia electrónica de la FAO sobre “Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica”. 2003.
- FREEDMAN, B.; PRYDE, E. H.; MOUNTS, T. L. Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils. *J Am Oil Chem Soc* 61(10):1638–1643, 1984

- FUGLIE, L. J. The miracle tree: *Moringa oleifera*. Natural nutrition for the tropics. Church World Service, Dakar, 1999.
- GERDES, G. O uso das sementes da árvore moringa para o tratamento da água turva. [S.l.]: Esplar, 1994.13p.
- JAHN, S.A.A. (1988). **Using Moringa Seeds as Coagulants in Developing Countries**. Journal Awwa (Management Operations): 43-50.
- KAFUKU, G.; MBARAWA, M. Alkaline catalyzed biodiesel production from moringa oleifera oil with optimized production parameters. Applied Energy 87 (2010) 2561–2565.
- KERR, W. E.; SILVA, F. R.; RESENDE, A.; GODOI, H. T.; KERR, L. S. *Moringa oleifera*: distribuição de sementes dessa hortaliça arbórea. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 16, n. 1, 1998. Trabalho apresentado no 38º Congresso Brasileiro de Olericultura, 1998.
- LAI, C. C.; ZULLAIKAH, S.; VALI, S. R.; JU, Y. H. Lipase-catalyzed production of biodiesel from rice bran oil. J Chem Technol Biotechnol 80(3):331– 337, 2005.
- LALAS, S.; TSAKINS, J. **Characterization of *Moringa oleifera* seed oil variety** , “Periyakulam 1”. Journal of Food Composition and Analysis, [S.l.], v.15, p.65-77, 2002.
- LÉDO A. DA S. et al. Propagação sexuada in vitro de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) - Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008. 17 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN1678-1961; 39).
- LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; da CRUZ, R. S. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. *Quim. Nova*, Vol. 32, No. 6, 1596-1608, 2009.
- LUQUE, R.; LOVETT, J. C.; DATTA, B.; CLANCY, J.; CAMPELO, J. M.; ROMERO, A. A. Biodiesel as feasible petrol fuel replacement: a multidisciplinary overview. Energy Environ. Sci., 2010, 3, 1706–1721.
- MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts the *Moringa oleifera* tree. Journal of Agricultural Science, Cambridge, v. 128, p. 321 – 322, 1997.
- MEHER, L. C.; SAGAR, D. V.; NAIK, S. N. (2004), *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 10, 248.
- MEHTA, L. K.; BALARAMAN, R.; AMIN, A. H.; BAFNA, P. A.; GULATI, O. D. Effect of fruits of *Moringa oleifera* on the lipid profile of normaland hypercholesterolaemic rabbits. *J Ethnopharmacol.* 2003; 86(2-3):191-5.
- MITTELBAACH, M. Lipase catalyzed alcoholysis of sunflower oil. J Am Oil Chem Soc 67(3):168–170, 1990.
- MORAES, M. S. A. Biodiesel de Sebo: avaliação de propriedades e testes de consume em motor a diesel. Dissertação (Mestrado). UFRGS. Porto Alegre – RS, 2008.
- NASCIMENTO, A. S. *Moringa oleifera*. Serviço Brasileiro de Resposta Técnica – SBRT. Rede de Tecnologia da Bahia - RETEC/IEL-BA, 2008.
- NDABIGENGESERE A.; NARASIAH, S. K; TALBOT B. G. **Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera***. Water Research, v.29, n.2, p.703-710, 1995.
- PAL, S. K.; MUKHERJEE, P. K.; SAHA, P. Studies on the antiulcer activity of *Moringa oleifera* leaf extract on gastric ulcer models in rats. *Phytother Res.* 1995; 9(6):463-5.
- PARENTE, E. J. S. Biodiesel: Uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Unigráfica, 2003.
- PARENTE, E.J.S. **Biodiesel no plural**. 2006. Disponível em: <[http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl\\_1201279825.pdf](http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1201279825.pdf)>. Acesso em 05 nov 2012.

PEREIRA, D. F.; VASCONCELOS, V. M.; VIEIRA, A. C.; ARANDA, D. A. G.; da SILVA, G. F. Produção de biodiesel a partir da hidroesterificação do óleo de moringa. II Encontro Nacional de Moringa, 03 a 05 de novembro de 2010, Aracaju - SE.

PEREIRA, D. F.; VASCONCELOS, V. M.; VIEIRA, A. C.; ARANDA, D. A. G.; da SILVA, G. F. Estudo da estabilidade à oxidação do biodiesel a partir da moringa. II Encontro Nacional de Moringa, 03 a 05 de novembro de 2010, Aracaju – SE.

PNPB - Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. Disponível em: <www.biodiesel.gov.br>. Acesso em: 14 set 2012.

RAMOS, L. P.; SILVA, F. R.; MANGRICH, A. S.; CORDEIRO, C. S. **Tecnologias de Produção de Biodiesel** *Rev. Virtual Quim.*, 2011, 3 (5), 385-405.

RAMOS, L.P.; DOMINGOS, A.K.; KUCEK, K.T.; WILHELM, H.M. **Biodiesel: um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil**. *Biotecnologia: Ciência e Desenvolvimento*, 2003, v.31, p.28-37.

RAMOS, L.P.; WILHELM, H.M. **Current status of biodiesel development in Brazil**. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 121-124, p. 807-820, 2005.

RASHID, U.; ANWAR, F.; ASHRAF, M.; SALEEM, M.; YUSUP, S. Application of response surface methodology for optimizing transesterification of *Moringa oleifera* oil: Biodiesel production. *Energy Conversion and Management* 52 (2011) 3034–3042.

RASHID, U.; ANWAR, F.; MOSER, B. R.; KNOTHE, G. *Moringa oleifera* oil: A possible source of biodiesel. (2007).

RASHID, U.; ANWAR, F.; MOSER, B. R.; KNOTHE, G. *Moringa oleifera* oil: A possible source of biodiesel. *Bioresource Technology* 99 (2008) 8175–8179.

ROCHA, B.S.O.; CARRILHO, D.L. **Utilização do Biodiesel como Forma de Reduzir a Emissão de CO<sub>2</sub>, e os Custos com Óleo Diesel**. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Rio Branco-Acre, 20 a 23 de julho de 2008.

RODRIGUES, H. R. (2007), Obtenção de ésteres etílicos e metílicos, por reações de transesterificação, a partir do óleo da palmeira Latino Americana macaúba- *Acrocomia aculeata*. Tese de Doutorado submetida a Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2007.

SERRA, T.M; DA SILVA, J. P; DOS SANTOS, I. C, MENEGHETTI, M; MENEGHETTI, S.M; WOLF, C; E GOSSMANN, M. 2007. Obtenção do Biodiesel metílico a partir de óleo de Moringa oleifera em presença de catalisador básico e ácido. *Anais. 30 ° Reuniao Anual da Sociedade Brasileira de Química*.

SILVA, A. R.; KERR, W. E. Moringa: uma nova hortaliça para o Brasil. Uberlândia: UFU/DIRIU, 1999, 95 p.

SILVA, C.C.C.M. **Produção de Biodiesel a partir do óleo de soja Utilizando Hidrotalcita como Catalisador**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

SOUZA, A. A.; ALLES, A. J.; RODRIGUES, S. A.; XAVIER-FILHO, L. Avaliação do percentual de óleo do cotilédone das sementes de *Moringa oleifera* Lam. para a produção de biodiesel etanólico. Encontro Nacional de Moringa, 02 a 04 de setembro de 2009, Aracaju – SE.

SUAREZ, P.A.Z.; SANTOS, A.L.F.; RODRIGUES, J.P.; ALVES, M.B. **Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los**. *Química Nova*, Vol. 32, No. 3, 768-775, 2009.

SUEHARA, K.; KAWAMOTO, Y.; FUJII, E.; KOHDA, J.; NAKANO, Y.; YANO, T. Biological treatment of wastewater discharged from biodiesel fuel production plant with alkali-catalyzed transesterification. *J Biosci Bioeng* 100(4):437–442, 2005.

VASCONCELOS, V. M.; SILVA, P. C. G.; VIEIRA, A.C.; SILVA, G. F. (2009), Produção de Biodiesel ‘*in situ*’ a partir da *Moringa oleifera* Lam. XXXIV Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados. Campinas – SP.

ZHANG, Y.; DUBE, M. A.; MCLEAN, D. D.; KATES, M. Biodiesel production from waste cooking oil. 1. Process design and technological assessment. *Bioresour Technol*, 2003, 89(1):1–16.