

QUALIDADE DO ÓLEO DA MAMONA CULTIVADA EM DIFERENTES ALTITUDES NO RIO GRANDE DO NORTE - BRASIL

Francisco Souto Sousa Junior

Departamento de Química-DQ Meio Ambiente - Universidade Do Estado do Rio Grande do Norte UERN E-mail: franciscosouto13@gmail.com

Luiz di Souza

Prof. D. Sc. Departamento de Química-DQ Meio Ambiente - Universidade Do Estado do Rio Grande do Norte UERN E-mail: luisdisouza@uern.com.br

Anne Gabriela Dias

Departamento de Química-DQ Meio Ambiente - Universidade Do Estado do Rio Grande do Norte UERN E-mail: anegabi@gmail.com

João Costa Evangelista

Departamento de Química-DQ Meio Ambiente - Universidade Do Estado do Rio Grande do Norte UERN E-mail: joaokuimico@hotmail.com

Nildo Silva Dias

Prof. D. Sc. da UFRSA – Mossoró – RN - E-mail: nildodias@ufrsa.com

RESUMO - O biodiesel apresenta várias vantagens em relação ao diesel por ser um combustível renovável, biodegradável e ambientalmente correto, podendo ser usado em motores a diesel sem adaptação. No Rio Grande do Norte, o cultivo da mamona tem grande incentivo devido ao fácil cultivo e adaptabilidade as condições climáticas, sendo incluída no programa nacional de produção de óleo vegetal. Nacionalmente, vem se fazendo um zoneamento agrícola das áreas potenciais para o plantio da mamona, sem considerar a qualidade físico-química do óleo. Mediram-se as propriedades físico-químicas de óleos extraídos de sementes de mamona cultivadas em cidades com diferentes altitudes. Detectaram-se diferenças significativas nas propriedades analisadas, indicando que o zoneamento agrícola para a cultura da mamona utilizada na cadeia produtiva do biodiesel deve considerar também a qualidade física e química do óleo, em especial as normalizadas.

Palavras-chave: *Ricinus communis*. Óleo vegetal. Zoneamento agrícola.

CALIDAD DE ACEITE DE RICINO CULTIVADO EN ALTITUD DIFERENTE EN RIO GRANDE DO NORTE - BRAZIL

RESUMEN - El biodiesel tiene varias ventajas en comparación con el diesel porque es un recurso renovable, biodegradable y respetuoso del medio ambiente y puede ser utilizado en motores diesel sin adaptación. En Rio Grande do Norte, el cultivo de semillas de ricino tiene gran incentivo debido a su fácil cultivo y la adaptabilidad a las condiciones climáticas, siendo incluido en la producción nacional de aceite vegetal. A nivel nacional, que ha estado haciendo una zonificación agrícola de las zonas potenciales para plantaciones de aceite de ricino, sin tener en cuenta la calidad física y química del aceite. Se midieron las propiedades físicas y químicas del aceite extraído de semillas de ricino cultivado en las ciudades con diferentes altitudes. Detectaron diferencias significativas en las propiedades analizadas, lo que indica que la zonificación agrícola para el cultivo de aceite de ricino usado en la cadena de producción de biodiesel también debe considerar la calidad física y química del petróleo, sobre todo la norma.

Palabras claves: *Ricinus communis*. El aceite vegetal. Agrícola de zonificación.

OIL QUALITY OF THE CASTOR BEAN CULTIVATED IN DIFFERENT ALTITUDES AT RIO GRANDE DO NORTE STATE, BRAZIL.

ABSTRACT - The biodiesel was several advantages in relationship diesel oil for being a biodegradable fuel and friendly environmental product. In Rio Grande do Norte State, Brazil, the castor bean (*Ricinus communis*, L.) cultivation has great incentive due to the easily cultivation and adaptability the climatic conditions, recommended for inclusion in a vegetable oil production program. Nationally, agricultural zoning was being done potential areas for the castor bean planting, unconsidered the qualities physicals and chemical of the oil. The physical and chemical properties extracted

oil of the castor oil plant seeds was measured at the cities with different altitudes. Significant differences were detected in the analyzed properties, indicating that the agricultural zoning for castor cultures by the biodiesel productive chain that, should also consider the physical and chemical quality of the oil, especially normalized them.

Keywords: *Ricinus communis*. Vegetable oils. Agricultural zoning.

INTRODUÇÃO

O Biodiesel é uma fonte de energia que reduz em média 78% dos emissores poluentes como o dióxido de carbono e 98% de enxofre na atmosfera (FREITAS; FREDO, 2005); um combustível similar ao diesel que pode ser feito a partir de qualquer óleo de origem animal ou vegetal, sendo que, só é feito comercialmente a partir de óleos vegetais, pois é a única matéria prima encontrada em quantidade suficiente e preço adequado (EMBRAPA, 2008).

No cenário de oleaginosas utilizadas para a produção de biodiesel, a mamona tem se destacado, apesar de apresentar em sua cultura sensibilidade a sais na água (BARBOSA et al., 2008), no entanto é abundante no Nordeste brasileiro e contém um alto teor de óleo, assumindo um papel importante no desenvolvimento econômico e social da produção agrícola familiar, especialmente com o cultivo consorciado (AZEVEDO; LIMA, 2001; BELTRÃO, 2003). Segundo ICOA (2005), o óleo da mamona possui características químicas que lhe tornam único na natureza: é composto quase exclusivamente (90%) por um único ácido graxo (ácido ricinoléico) que contém uma hidroxila, o que o torna solúvel em álcool a baixa temperatura, muito viscoso e com propriedades físicas especiais.

A possibilidade de produção de biodiesel a partir do óleo de mamona criou um novo mercado para este produto capaz de absorver grande parte da produção dos países que utilizarão esta matéria prima, como o Brasil (SILVA; BELTRÃO, 2000; EMBRAPA, 2003). Além disso, o óleo de mamona pode ser usado na fabricação de tintas e isolantes, serve como lubrificante, manufatura de cosméticos, drogas e farmacêuticos e em vários processos industriais, sendo um óleo bastante estável em variadas condições de temperatura e pressão (COSTA NETO et al., 2004; NASCIMENTO, 2001; BELTRÃO; SILVA, 1999).

O ordenamento das áreas propícias ao cultivo da mamona, em conjunto com a definição do período mais favorável à sua semeadura, pode aumentar as possibilidades de sucesso dessa atividade. Com este objetivo, especialmente na Região Nordeste, têm sido realizados vários estudos de zoneamento agroecológico para o cultivo de mamona (ARAÚJO, 2000; ARAÚJO et al., 2000; AMORIM NETO et al., 2001). É importante vislumbrar, que este estudo baseia-se em fatores relacionados unicamente com a produtividade da mamoneira em função das condições edafoclimáticas (solo, precipitação pluvial e altitude favorável ao cultivo) (MELO et al., 2006), não sendo considerado a qualidade físico-química que o óleo produzido deve ter para produzir com sucesso o biodiesel.

De acordo com Freire et al. (2006), embora relativamente simples, a produção de biodiesel precisa ser feita obedecendo a rigorosos padrões de qualidade para que o combustível não prejudique o funcionamento dos motores em longo prazo. Levando-se em consideração apenas os aspectos produtivos das áreas do zoneamento agroclimático, pode-se constatar que a definição e identificação de uma área potencial à utilização econômica e racional da mamoneira não garante a qualidade do óleo usado como matéria prima para produzir biodiesel, como também, não significa que os municípios excluídos estejam proibidos de plantar mamona.

Deste modo, objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade do óleo da semente da mamona cultivada em áreas favorável e desfavorável do zoneamento climático no Estado do Rio Grande do Norte.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes da mamoneira foram coletadas em diferentes localidades no Estado do Rio Grande do Norte, adotando-se a altitude como critério (Mossoró-16 m, Severiano Melo-147 m, Martins-703 m e Luiz Gomes-636 m de altitude). Vale salientar, que as cidades de Martins e Luiz Gomes são áreas identificadas como favoráveis ao cultivo de mamona no zoneamento agroclimático. As sementes coletadas foram conduzidas ao laboratório de química da UERN e foram identificadas, lavadas em água corrente e secas em estufa a 70 °C durante 24 horas, determinando-se as seguintes características:

- Teor de óleo: Foram utilizados dois métodos de extração do óleo para se determinar o teor de óleo da semente da mamoneira, a extração por prensagem a frio e a extração a quente. No primeiro método, pesou-se 1 kg de amêndoas da semente de mamona com casca e, colocou-se em um filtro prensa adaptado no Laboratório com prensa mecânica de 15 toneladas. No segundo método de extração, trituraram-se 1 kg de amêndoas em um liquidificador e, logo após preparou-se saches de mamona triturada com papel de filtro comum (tipo Mellita) e, em seguida o óleo foi extraído utilizando-se o hexano como solvente em sistema Soxhlet com refluxo durante 5 h, sendo o solvente recuperado num rotavaporador. Os volumes de óleos obtidos foram medidos em um proveta de 100 mL e, o teor de óleo em triplicata expresso em mL kg⁻¹ do produto adotando-se a média aritmética simples como resultado.

- Acidez: O óleo extraído foi centrifugado por 15 minutos para separação das impurezas e a seguir mediu-se a acidez pela metodologia descrita por Moretto (1998). Em Erlenmeyer de 125 ml foram colocados 2g de cada

amostra e adicionados 25 ml de solução neutra de éter etílico + álcool etílico (2:1), agitando-se até a completa diluição do óleo; acrescentaram-se duas gotas do indicador ácido/base fenolftaleína e procedeu-se à titulação com solução de NaOH 0,1N até o surgimento da coloração rósea. Com o valor do volume de NaOH gasto na titulação, calculou-se o índice de acidez pela fórmula a seguir:

$$A_c = \frac{V \times f \times 5,61}{P} \quad (1)$$

em que:

Ac = índice de acidez (mg de KOH/g de óleo)

V = volume de NaOH gasto na titulação (mL)

f = fator de correção da solução

5,61 = equivalente-grama do KOH

P = peso da amostra (g)

- Viscosidade: A viscosidade das amostras foi feita em um viscosímetro tipo Sayboul, na temperatura de 40 °C, conforme a norma ASTM D 445. Os resultados foram expressos em $\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$, de acordo com as equações:

$$V_{cc} = 0,2158 \times \text{SSU} \quad (2)$$

para $\text{SSU} > 215 \text{ s}$

$$V_{cc} = 0,223 \times \text{SSU} - 1,55 \quad (3)$$

para $115 \text{ s} \leq \text{SSU} < 215 \text{ s}$

$$V_{cc} = 0,224 \times \text{SSU} - 185 \quad (4)$$

para $34 \text{ s} \leq \text{SSU} < 115 \text{ s}$

em que:

V_{cc} = viscosidade cinemática ($\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$)

SSU = tempo de queda do óleo no viscosímetro (s)

- Densidade: A densidades do óleo de mamona foi determinada pelo método do picnômetro e relação entre massa e volume do líquido, expressa em g dcm^{-3} .

- Tensão superficial: estimada com um tensiômetro do tipo TD1 lauda seguindo os procedimentos recomendados no manual, expressando-se os resultados em mN m^{-1} .

- Ponto de fulgor e de combustão: Após a extração do óleo, o solvente foi recuperado em rotavapor para obtenção do óleo puro. Os pontos de fulgor e de combustão foram determinados num aparelho modelo Q-292-2. Para as medições, colocou-se na cuba uma amostra contendo 0,07 L do óleo de mamona, iniciando-se o aquecimento com a abertura do registro de gás para acender a chama, controlada com aproximadamente 0,003 m de comprimento. A amostra foi aquecida via resistência

elétrica, sendo a temperatura controlada por um termômetro nela imerso. Realizaram-se as leituras do ponto de fulgor no termômetro, no momento em que há o primeiro lampejo de chama saída do combustível. A seguir prossegue-se o aquecimento e realizaram-se as leituras do ponto de combustão no momento em que esse lampejo se espalha para toda a amostra e mantém a chama acesa.

Todas as características avaliadas foram medidas feitas em triplicata, adotando-se a média aritmética simples como resultado em todas as análises.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 verificou-se que os maiores valores médios do teor de óleo da mamona foram obtido na extração a quente em todas as cidades avaliadas, demonstrando-se a eficiência deste método de extração, o que se faz crer que essas sementes têm um percentual de compostos polares, que ao ser extraído com solventes polares, aumentam significativamente o teor de óleo. Deve-se ressaltar também que, na extração a frio foi feita numa termoprensa adaptada, o que torna este processo difícil de ser comparado com outras extrações que usam filtros prensa comerciais. Na extração a frio, pode-se contar que em localidade de menor altitude (Severiano Melo e Mossoró) as sementes de mamoneira apresentaram um maior teor de óleo por kg de sementes. Contrariamente, à produtividade da mamona é reduzida quando cultivada em áreas de baixa altitude, devido esta ser uma condição desfavorável ao cultivo desta oleaginosa, pois a baixa altitude limita o desenvolvimento das plantas de mamona, sendo esta característica utilizada como critério de ordenamento das áreas propícias ao cultivo da mamona (EMBRAPA, 2003; AZEVEDO et al., 1998). Deste modo, pode-se inferir que esta forma de zonear é equivocada, já que não adianta produzir uma grande quantidade de semente, se o produto de interesse (óleo) não tiver um rendimento satisfatório. Quanto ao óleo de sementes cultivadas em Mossoró, destaca-se na área de coleta, a cultura foi constantemente acompanhado por agrônomos, que faziam o trabalho de assistência técnico, o que provavelmente alterou a qualidade do produto no que se refere ao teor de óleo e influenciou na média obtida suplantando os efeitos da altitude.

Tabela 1. Valores médios do teor de óleo de mamona, obtidos a extração por prensagem a frio e a extração a quente com solvente em função da altitude dos municípios estudados.

| Municípios | Teor de óleo (mL kg^{-1}) | |
|------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| | Extração a frio | Extração a quente |
| Martins – 703 m | 301,40 | 398,00 |
| Luiz Gomes – 636 m | 252,80 | 355,00 |
| Severiano Melo – 147 m | 328,57 | 346,00 |
| Mossoró – 16 m | 335,00 | 370,00 |
| Média | 304,44 | 367,25 |

A Tabela 2 mostra os valores médios obtidos para as propriedades viscosidade, densidade e tensão superficial dos óleos extraídos da mamona em diferentes altitudes dos municípios estudados. Os valores médios da viscosidade do óleo se encontram na faixa de $400 \pm 5 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$, exceto o valor encontrado para o óleo extraído da semente cultivada em Luiz Gomes ($303 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$). Considerando que a norma européia indica uma viscosidade de 3,5 a 5 Cst, estes valores estão muito acima do valor ideal. Estes resultados indicam que a maiores altitudes, o óleo torna-se ligeiramente mais viscoso, embora exceções possam existir, o que significa que a viscosidade deve ser influenciada também por outras variáveis não analisadas neste trabalho.

A viscosidade cinemática de um óleo expressa a resistência oferecida ao escoamento sob gravidade (ASTM D445). Devido à presença substancial do ácido ricinoléico em sua composição, cerca de 90,2%, a viscosidade do biodiesel de mamona é um dos problemas mais evidentes, tornando-o um dos ésteres de óleos vegetais mais viscosos, encontrando-se fora dos limites permitidos pela portaria da ANP para o óleo diesel

mineral (2,5 a 5,5 cSt). O controle da viscosidade de uma substância visa a garantir um funcionamento adequado dos sistemas de injeção e bombas de combustível. Deve-se destacar que óleos muito viscosos não poderão ser usados para produção de biodiesel a serem exportados e, também deverão ser frutos de normalização em futura legislação brasileira.

Ainda em relação à Tabela 2, verifica-se que nas áreas favoráveis ao cultivo da mamona, os valores médios de densidade encontrados foram 833 e 844 g dcm^{-3} para as cidades de Martins e Luiz Gomes, respectivamente, valores abaixo do recomendado pela norma européia (860 a 900 g dcm^{-3}), enquanto que nas áreas desfavoráveis ao cultivo da mamona os valores estão acima dos indicados como ideais pela norma européia. Os valores das tensões superficiais dos óleos nas cidades zoneadas como favorável são menores que nas cidades zoneadas como desfavorável. Esta propriedade apesar de não ser normalizada é importante por indicar a facilidade de se vaporizar o combustível e, assim permitir uma queima mais completa.

Tabela 2. Valores médios das propriedades dos óleos extraídos da mamona e altitude dos municípios em que estas foram cultivadas.

| Municípios | Propriedades do óleo da mamona | | |
|------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------|
| | Viscosidade ($\text{mm}^2 \text{ s}^{-1}$) | Densidade (g dcm^{-3}) | Tensão mN m^{-1} |
| Martins – 703 m | 412,1 | 833 | 22,2 |
| Luiz Gomes – 636 m | 303,6 | 844 | 18,8 |
| Severiano Melo – 147 m | 423,3 | 1026 | 41,6 |
| Mossoró – 16 m | 380,4 | 1024 | 42,4 |
| Norma européia | 3,5 a 5 cst | 860 a 900 | - |

A Tabela 3 mostra os valores médios de acidez dos óleos obtidos por extração em prensagem a frio e a extração a quente com solvente em função da altitude dos municípios. Todas as amostras, com exceção de Martins a quente, estão dentro das normas ($0,8 \text{ mg KOH g}^{-1}$), o que indica que esses óleos são adequados para serem usados na produção de Biodiesel. Constatou-se ainda que os óleos apresentam cores com tons de amarelos diferentes, o que indica a existência de diferentes compostos e ou de diferentes composições nos óleos analisados o que levará a diferentes propriedades. Quanto à acidez dos óleos extraídos a quente, notou-se que estas aumentam com o aumento de altitude, o que não ocorre com a acidez dos óleos extraídos a frio, pois com exceção do óleo de Severiano Melo, todos apresentam a mesma acidez. Esta diferença na acidez em função do método de extração provavelmente ocorre pelo fato da extração a quente ser seletiva, neste caso, de compostos que aumentam a acidez e estes aumentarem com a elevação da altitude. Ao comparar a acidez dos óleos extraídos a quente e por prensagem a frio, nota-se, com exceção do óleo de Luis Gomes, que estas são diferentes, o que reforça a afirmativa acima, de que o método de extração interfere

na acidez. A cidade de Martins, por exemplo, apresenta a acidez acima da legalmente aceita para a produção de biodiesel quando o processo de extração do óleo é a quente, enquanto cidades de Severiano Melo e Mossoró apresentam esta propriedade dentro dos parâmetros legais. Estes resultados, sugerem que o zoneamento deve ser aprimorado para produzir óleo em maior quantidade e também de melhor qualidade para a produção de biodiesel.

Para ser classificado como óleo industrial nº1, a qualidade mais alta do produto comercializado no mercado internacional, o índice de acidez precisa ser de no máximo 3 (CHIERICE; CLARO NETO, 2001). Acidez superior a este limite implica em produto de menor qualidade e, conseqüentemente, menor preço.

Os valores obtidos nos ensaios de ponto de fulgor e do ponto de combustão são mostrados na Tabela 1. Verificou-se que os menores valores de pontos de fulgor e combustão foram obtidos em óleos de sementes coletadas em áreas de cultivo de baixa altitude. O ponto de fulgor está relacionado com a massa molecular dos compostos orgânicos, sendo quanto menor esta massa mais fácil é a vaporização dos mesmos e, conseqüentemente menor a

sua temperatura de fulgor. Assim os resultados indicam que a quantidade de compostos de menor peso molecular nos óleos aumentam em áreas de cultivada com altitude elevada; demonstrando que a composição dos óleos

graxos presentes nos óleos de mamona cultivados em diferentes altitudes varia com esta e certamente irá alterar outras propriedades do óleo da mamona que dependem da composição dos óleos como densidade e viscosidade.

Tabela 3. Valores médios da acidez do óleo de mamona, obtidos por extração em prensagem a frio e a extração a quente com solvente em função da altitude dos municípios.

| Municípios | Acidez (mg KOH g ⁻¹) | |
|------------------------|----------------------------------|-------------------|
| | Extração a frio | Extração a quente |
| Martins – 703 m | 0,31 | 1,64 |
| Luiz Gomes – 636 m | 0,31 | 0,31 |
| Severiano Melo – 147 m | 0,47 | 0,14 |
| Mossoró – 16 m | - | - |
| Média | 0,36 | 0,69 |

Com respeito à legislação, todos os valores estão dentro do permitido pela legislação em vigor, mas os mais indicados, ou seja, que apresentam maiores pontos de fulgor e combustão são aqueles obtidos de sementes cultivadas em áreas de baixas altitudes. O ponto de fulgor está relacionado à inflamabilidade do produto, sendo um indicativo dos procedimentos de segurança quanto ao

transporte, armazenamento e manuseio do biodiesel. Ele está relacionado ao rendimento do motor e deve estar em faixas pré-determinadas de temperatura para que não haja pré-ignição nem dificuldades de queima. Segundo a portaria 255 da ANP um valor mínimo de 100 °C para o biodiesel nacional, é estabelecido para o ponto de fulgor e nenhum valor é indicado para o ponto de combustão.

Tabela 4. Valores médios do ponto de fulgor e do ponto de combustão do óleo da de mamona, obtidos por extração a quente com solvente em função da altitude dos municípios.

| Municípios | Propriedades de combustão (°C) | |
|------------------------|--------------------------------|--------------------|
| | Ponto de fulgor | Ponto de Combustão |
| Martins – 703 m | 283,30 | 290,30 |
| Luiz Gomes – 636 m | 288,00 | 301,60 |
| Severiano Melo – 147 m | 293,60 | 301,60 |
| Mossoró – 16 m | 297,60 | 305,00 |
| Média | 290,63 | 324,62 |

CONCLUSÕES

Deve-se incluir no zoneamento agroecológico características relativa à qualidade do óleo das sementes como teor de óleo, viscosidade cinemática, acidez e densidade, principalmente quando estes tenham a finalidade de produzir biodiesel; a altitude influencia em algumas propriedades físico-químicas avaliadas, aumentando em geral a viscosidade e diminuindo a densidade e a tensão superficial, à medida que se aumenta a altitude da área de cultivo da mamona, os valores médios obtidos para a acidez do óleo da mamona obedecem a Lei, exceto a de Martins obtida a quente. No que diz respeito à variação da acidez, a altitude e ou a forma de extração do óleo alteraram os valores, mostrando que o zoneamento não deve levar em consideração apenas a produtividade da mamona, mas também a qualidade; os valores de ponto de fulgor e de ponto de combustão diminuem à medida que eleva a altitude em áreas de cultivo da mamona.

REFERÊNCIAS

- AMORIM NETO, M. S. et al. Zoneamento agroecológico e época de semeadura para a mamoneira na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo v. 9, n. 3, p. 551-556, 2001.
- ARAÚJO, A. E. et al. Municípios áptos e épocas de plantio para o cultivo da mamoneira no Estado da Paraíba. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 103-110, 2000.
- AZEVEDO, D. M. P. et al. População de plantas no consórcio mamona/milho – produção e componentes da produção. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 141-146, 1998.
- AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. **O Agronegócio da Mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão. 2001. v. 1, cap. 6, p. 351-350.

- BARBOSA, C. L. et al. Desenvolvimento da mamoneira, cultivada em vasos, sob diferentes níveis de salinidade da água em latossolo vermelho – amarelo eutrófico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 50-56, 2008.
- BELTRÃO, N. E. M. **Informações sobre o biodiesel, em especial feito com o óleo de mamona**. Brasília: EMBRAPA-CNPA, 1998. v. 2, cap. 1, p. 1-4.
- BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C. Os múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus communis*) e a importância do seu cultivo no Brasil. **Fibras e Óleos**, Campina Grande, v. 2, n. 31, p. 7, 1999.
- COSTA NETO, P. R. et al. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 531-537, 2004.
- CHIERICE, G. O.; CLARO NETO, S. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, cap. 5, p. 89-120, 2001.
- EMBRAPA. **Cadeia Produtiva: Óleo de Mamona e Biodiesel**. 2008. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/cadeia_produtiva_biodiesel.html>. Acesso em: 05 de junho de 2008.
- EMBRAPA. Crescimento e desenvolvimento da mamoneira (*Ricinus communis*), Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999., 5 p. (Comunicado Técnico, 146).
- FREITAS, S. M.; FREDO, C. Biodiesel a base de óleo de mamona: algumas considerações. **Revista informações econômicas**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 37-42, 2005.
- ICOA. **A química do óleo de mamona seus derivados e aplicações**. 2005. Disponível em <<http://www.icoa.org>>. Acesso em: 29 de novembro de 2008.
- MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Livraria Varela, 1998. 150 p.
- SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. M. Incremento de fitomassa e produtividade do amendoimzeiro em função de lâmina e intervalos de irrigação. **Revista de Oleaginosas e Fibras**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 111-121, 2000.
- FREIRE, R. M. M.; SEVERINO, L. S.; MACHADO, O. L. T. Ricinoquímica e co-produtos. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. **Agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006., cap. 19, p. 501-529.
- MELO, F. B.; BELTRÃO, N. E. **Cultivo da mamona consorciada com feijão-caupi**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. 2003. v. 3, cap. 3, p. 345-344.
- NASCIMENTO, M. G.; COSTA NETO, P. R.; MAZZUCO, L. M. Biotransformação de óleos de gorduras. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Viçosa, v. 19, n. 28, p. 28-31, 2001.

Recebido em 10/03/2010

Aceito em 22/08/2010