



Exacta

ISSN: 1678-5428

exacta@uninove.br

Universidade Nove de Julho

Brasil

Silva, Maria Susana; Costa Macedo, Lidiane; Belmino dos Santos, João Antonio; Silveira Moreira, Jane de Jesus da; Narain, Narendra; Silva, Gabriel Francisco da
Aproveitamento de co-produtos da cadeia produtiva do biodiesel de mamona
Exacta, vol. 8, núm. 3, 2010, pp. 279-288
Universidade Nove de Julho
São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81016924003>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Aproveitamento de co-produtos da cadeia produtiva do biodiesel de mamona

Exploitation of co-products of biodiesel production chain of castor oil

Maria Susana Silva

Mestre em Engenharia Química
Universidade Federal de Sergipe – UFS.
Sergipe – PE [Brasil]
susanaambiental@gmail.com

Lidiane Costa Macedo

Graduanda em Iniciação Científica do curso de Engenharia
Química – Universidade Federal de Sergipe – UFS.
Sergipe – PE [Brasil]
lidi_lcm@hotmail.com

João Antonio Belmino dos Santos

Doutor em Engenharia
Universidade Federal de Sergipe – UFS.
Sergipe – PE [Brasil]

Jane de Jesus da Silveira Moreira

Professora Doutora do Departamento de Engenharia de
Alimentos
Universidade Federal de Sergipe – UFS.
Sergipe – PE [Brasil]
jane240370@yahoo.com.br

Narendra Narain

Professor Doutor do Departamento de Engenharia de
Alimentos
Universidade Federal de Sergipe – UFS.
Sergipe – PE [Brasil]
narendra@ufs.br

Gabriel Francisco da Silva

Professor Doutor do Departamento de Engenharia Química
Universidade Federal de Sergipe – UFS.
Sergipe – PE [Brasil]
gabriel@ufs.br

Em virtude do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), a produção em escala comercial no semiárido brasileiro de culturas voltadas à produção de biodiesel vem aumentando e uma das consequências é a geração de resíduos que necessitam de destino econômico e ecologicamente viável. Os principais subprodutos da cadeia produtiva de biodiesel são a torta e/ou farelo e a glicerina. Neste trabalho, objetiva-se estudar as possibilidades de utilizar esses excedentes da produção de biodiesel em produtos de valor agregado. As conclusões deste estudo demonstram que existe potencial para usar o farelo da mamona na alimentação de animais; como adubo, que possui a capacidade de recuperar áreas degradadas, e no controle de nematoides do solo. Além disso, verificou-se que a glicerina pode ser utilizada como combustível com alto poder calorífico.

Palavras-chave: Co-produtos de Biodiesel. Mamona (*Ricinus communis* L.).

In virtue of the National Program for Biodiesel Production and Use (NPBP), the commercial scale production in Brazilian semi-arid areas of crops used for biodiesel production has increased and one consequence is the generation of waste that need to target economic and ecologically viable. The main byproducts of biodiesel production chain are the cake and / or meal and glycerin. The present work aims at studying the possibilities to use these surpluses for biodiesel production in value-added products. The conclusions of this work demonstrate that the potential exists for use of castor bean meal in animal feed, such as fertilizer that has the ability to recover degraded areas and to control soil nematodes. Furthermore, it was found that glycerin can be used as fuel with high heat.

Key words: Biodiesel Co-products. Castor (*Ricinus communis* L.).

1 Introdução

A preocupação mundial com a dependência do petróleo nas matrizes energéticas aumenta o esforço internacional para desenvolver tecnologias voltadas à produção e ao uso de energias limpas, possibilitando assim, a formação de uma nova matriz energética, em que haja a substituição gradual do petróleo por energia renovável.

O Brasil tem grandes potencialidades para essa renovação energética em razão de suas condições edafoclimáticas, sua grande dimensão continental e de sua experiência com outro programa ligado ao biocombustível, a exemplo do Proálcool.

Há também um esforço governamental em estabelecer o programa de biocombustível, Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), como uma política pública estratégica para o País, visando à diversificação da matriz energética nacional, integrando tecnologias de produção e de industrialização. Assim, estimulando a produção da agricultura familiar e estabelecendo misturas graduais do biodiesel com o diesel mineral, que pode ocorrer a partir de diversos óleos vegetais puros, residuais e de sebo animal.

Existem diversas fontes de oleaginosas para produção do biodiesel, sendo as mais utilizadas a soja, o girassol, a mamona, o dendê, o algodão e o amendoim. Na região do Semi Árido, devido à sua aptidão climática e também aos incentivos fiscais, o plantio predominante é o da mamona.

Em virtude do PNPB, a produção em escala comercial no semiárido brasileiro de culturas voltadas à produção de biodiesel vem aumentando e uma das consequências é a geração de resíduos que necessitam de destino econômico e ecologicamente viável. Uns dos principais subprodutos da cadeia produtiva de biodiesel são a torta e/ou farelo e a glicerina.

O objetivo neste trabalho é estudar as potencialidades de transformar a torta, o farelo e o

glicerol do biodiesel de mamona em produtos de valor agregado.

2 Biodiesel

Biodiesel é um combustível renovável e biodegradável que pode ser definido como um monoalquil éster de ácidos graxos de cadeia longa, proveniente de fontes renováveis, tais como óleos vegetais ou gordura animal, utilizado em substituição aos combustíveis fósseis em motores de ignição por compressão, do ciclo Diesel (COSTA NETO et al., 2000).

Na Figura 1, mostram-se as principais etapas para a obtenção do biodiesel, em que independentemente da rota tecnológica também são gerados a torta, o farelo e a glicerina.

Existem vários processos para obtenção do biodiesel, dentre os quais são descritos, a seguir, os processos mais utilizados:

2.1 Transesterificação

De um modo geral, chama-se transesterificação a reação de um lipídio com um álcool para produzir um éster e um subproduto, o glicerol. O processo global de transesterificação de óleos vegetais e gorduras é uma sequência de três reações em que os monoglicerídeos e os diglicerídeos são os intermediários. Nessa reação, são necessários três moles de álcool para cada mole de triglicerídeo. Na maioria dos casos, é usado um catalisador (NaOH , NaOCH_3 ou KOH) de forma a acelerar a reação (FELIZARDO, 2003).

2.2 Craqueamento

O craqueamento térmico é a conversão de uma substância em outra por aquecimento, na ausência de ar ou oxigênio, a temperaturas superiores a 450 graus centígrados, sendo por vezes ainda utilizado um catalisador (óxido de silício e óxido

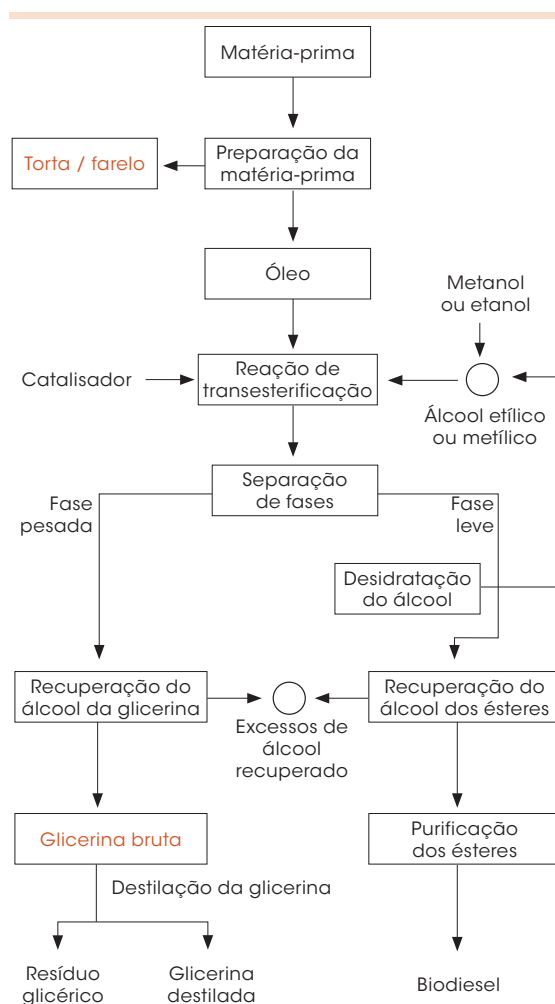


Figura 1: Fluxograma do processo de produção de biodiesel

Fonte: Parente, 2007 (modificado).

de alumínio) para quebra das ligações químicas, gerando moléculas menores. (HOLANDA, 2004 apud VIANNA, 2006).

2.3 Esterificação

A esterificação consiste em um processo de obtenção de ésteres, formado a partir da substituição de uma hidroxila (-OH) de um ácido por um radical alcóxila (-OR). O método mais comum é a reação reversível de um ácido carboxílico com um álcool, havendo eliminação de água (RODRIGUES, 2003).

Processos de esterificação são importantes também na produção de ésteres de interesse comercial, principalmente nas áreas de solventes, diluentes, plastificantes, surfactantes, polímeros, essências e fragrâncias sintéticas, além de intermediário químico para indústrias farmacêuticas, de herbicidas e de pesticidas (HOYDONCKX, 2004).

3 Mamona

A mamona, pertencente à família Euforbiáceas, da espécie *Ricinus communis* L. é uma planta de hábito arbustivo que produz sementes ricas em óleo glicídico com diversas colorações de caule, folhas e racemos, podendo ou não possuir cera no caule e no pecíolo seus frutos, em geral, possuem espinhos. Suas sementes apresentam diferentes tamanhos e grande variabilidade de coloração e delas se extrai o óleo (SAVY FILHO, 2005).

O óleo de mamona é matéria-prima para várias aplicações: biodiesel, alimentação, papéis, polímeros, química têxtil, fármaco, perfumaria, eletroeletrônicos, telecomunicações, tintas, adesivos, lubrificantes, etc. Em 2004, a Índia foi o maior produtor mundial, com 804 mil toneladas, seguida pela China, com 275 mil toneladas e pelo Brasil, que produziu 147,9 mil toneladas, ultrapassando, nesse mesmo período, a Tailândia e a Alemanha que eram os maiores importadores, tendo sido responsáveis, em 2000, por 91% das importações mundiais da mamona em baga (CÂNDIDO et al., 2008).

A consciência mundial pela preservação ambiental baseada na substituição dos combustíveis minerais derivados do petróleo por outros de origem vegetal criou uma perspectiva real para a expansão do cultivo da mamona em escala comercial, principalmente no semiárido brasileiro e na agricultura familiar, na qual a mão-de-obra representa

em média 75% dos custos de produção, tornando seu cultivo mais atrativo (BANDEIRA et al., 2004).

O Nordeste é o maior produtor de mamona do Brasil. No ano de 2007, foram plantados 121,1 mil hectares (ha), 85,10% do total produzido nacionalmente, sendo a mamoneira cultivada em quase sua totalidade em regime de sequeiro e em consórcio. Na região Sul, que ocupa a segunda posição, havia 8,1 mil ha de área cultivada, em 2008 (CONAB, 2009). Ao utilizar o consórcio, o agricultor familiar garante maior estabilidade de rendimentos, redução da erosão do solo, uma maior diversidade alimentar, maior ocupação de mão-de-obra e supressão natural de plantas daninhas (AZEVEDO et al., 2001).

A região Nordeste tem 771 municípios aptos para o cultivo da mamona, a Bahia agrega o maior número deles com um total de 261; o Ceará possui 103; o Maranhão, 41; a Paraíba, 87; Pernambuco, 90; o Piauí, 127; o Rio Grande do Norte, 50, e Sergipe, apenas 12 (MAPA, 2010).

Além das vantagens socioeconômicas, essa oleaginosa apresenta propriedades químicas e físicas únicas. O óleo das sementes possui um ácido graxo, o ricinoleico, que tem mais oxigênio do que os demais devido a uma hidroxila (OH) no C₁₂, que o torna mais denso e viscoso que os demais óleos vegetais (LIMA, 2007).

Um hectare pode gerar 1,2 tonelada de torta para cada tonelada de óleo produzido que corresponde em média a 55% do massa das sementes, dependendo do teor de óleo da semente e do processo industrial de extração do óleo (AZEVEDO et al., 2001).

4 Aproveitamento da torta e do farelo

Nessa sessão, serão descritas as principais aplicações da torta e do farelo de mamona, ou

seja, como adubo e alimento animal. É importante mencionar que a torta de mamona pode ser usada também como matéria-prima para a produção de aminoácidos, plásticos, em especial biodegradáveis, colas, inseticidas e outros produtos (COSTA, 2004).

4.1 Adubo

A torta da mamona é uma grande fonte de nitrogênio, fósforo e potássio, além disso, possui a capacidade de recuperar áreas degradadas e também serve para o controle de nematoides do solo (MELO et al., 2006).

Na Tabela 1, observam-se os percentuais de macro-nutrientes básicos que são encontrados na casca do fruto e na torta de mamona.

Tabela 1: Teor (%) de macro-nutrientes básicos na casca do fruto e na torta de mamona

Substrato	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Casca de mamona	1,86	0,26	4,5	0,67	0,38
Torta de mamona	7,54	3,11	0,66	0,75	0,51

Akhtar et al. (1996) estudaram o comportamento da torta de mamona depositada no solo 15 dias antes do plantio, na quantidade de 2.700 kg/ha, correspondendo a 110 kg de Nitrogênio/ha. A torta promove o aumento do *Meloïdogyne aquaticus* que é predador de várias espécies de nematoides causadores de doenças nas plantas.

4.2 Ração Animal

Para a criação de animais, a nutrição representa em torno de 60% dos custos totais, sendo o milho e a soja um dos principais ingredientes utilizados nas rações. Novas formas têm sido buscadas a fim de reduzir tais custos. Dentre os diversos produtos que podem substituir a soja estão os subprodutos derivados do algodão, girassol, mamona e pinhão manso.

A utilização da torta e do farelo de mamona na alimentação animal pode viabilizar o aumento na produção de oleaginosas, possibilitando uma melhoria na renda em nível de agricultura familiar.

O uso da torta ou do farelo de mamona como alimento para animais se dá após a destoxificação. A toxidez da mamona ocorre devido a três componentes: a ricina, a ricinina e o complexo alergênico CB-1A. A ricina é a toxina mais letal, representando 1,5% da torta de mamona. A ricinina é um alcaloide e representa 0,23% da torta não apresentando tanto perigo quanto a ricina. O fator alergênico (CB-1A) é uma proteína estável com grande capacidade de provocar alergia nos indivíduos, principalmente por inalação, cujo teor na torta sem cascas e gorduras varia de 6,1 a 9,0%. Na Tabela 2, observa-se o valor nutricional da mamona.

Tabela 2: Nutrientes de diferentes tipos de torta de mamona

Nutrientes	TMT	TMC	FM	FMD	CM
Matéria seca (%)	91,1	89,4	91,5	89,7	87,1
PB (%MS)	36,3	33,1	44,3	50,9	9,0
EE (%MS)	28,3	5,6	2,9	3,2	4,6
Cinzas (%MS)	6,8	5,3	9,5	11,4	9,7
FDN (%MS)	19,7	43,9	40,2	42,4	67,0
FDA (%MS)	17,5	36,5	32,3	27,4	46,7
Hemicelulosa (%MS)	2,1	7,3	7,9	15,0	20,2
Celulose (%MS)	7,0	9,7	7,9	7,8	38,3
Lignina (%MS)	9,2	26,1	22,5	17,9	7,7

Matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), cinzas, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina (em % da MS) da torta de mamona tostada (TMT), torta de mamona cozida (TMC), farelo de mamona (FM), farelo de mamona destoxicado (FMD), casca de mamona (CM)

Fonte: Gomes (2007).

Algumas pesquisas com alimentação animal foram realizadas no Brasil, na década de 1960, a Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro SA (SANBRA) iniciou a produção de uma torta de

mamona destoxicada denominada Lex Proteico; no entanto, a produção foi suspensa pela dificuldade no controle da eficiência do processo de destoxificação, ocasionando a liberação de lotes do produto ainda tóxicos que podiam causar morte de animais (SEVERINO, 2005).

Segundo Miranda et al. (1961) apud Bandeira (2004), no uso da torta destoxicada comparada à de soja na alimentação de bovinos leiteiros, ela não intoxicou os animais e trouxe resultados próximos ao da torta de soja, conforme pode ser observado na Tabela 3 e 4, respectivamente.

Os valores nutricionais da torta da mamona reforçam ainda mais o seu potencial para ser usado como ração animal, desde que seja feito o tratamento de destoxificação que garanta padrões de qualidade confiáveis.

Tabela 3: Composição percentual em aminoácidos na torta de mamona destoxicada e no farelo de soja e os níveis exigidos pelo National Research Center (NRC)

Aminoácido	Exigência do NRC	Torta de Mamona	Farelo de soja	Mamona em relação à soja (%)
Arginina	0,23	3,50	2,56	+ 26,90
Lisina	0,79	0,67	2,55	-281,00
Metionina	0,28	0,63	0,66	-4,70
Cistina	0,28	0,43	0,58	-34,60
Triptofano	0,15	0,09		-667,40
Histidina	0,20	0,56	0,78	-39,20
Leucina	0,68	2,82	3,43	-21,70
Isoleucina	0,56	1,89	1,95	-3,00
Fenilalanina	0,56	1,77	2,01	-13,00
Treonina	0,51	1,22	1,77	-44,8
Valina	0,56	2,43	2,34	+3,60

Fonte: Miranda et al., 1961 apud Bandeira, 2004.

Após o tratamento, a torta e/ou farelo podem ser usados como concentrado proteico em substituição ao algodão e à soja (LOUREIRO, 1962; NAUFEL et al., 1962), que normalmente são os ingredientes mais onerosos da dieta.

Existem diversos estudos sobre tratamentos térmicos e químicos da mamona que mostraram a

**Tabela 4: Composição da torta de mamona**

Macronutrientes	Teor (%)
Nitrogênio (N)	4 a 6
Fósforo (P ₂ O ₅)	0,7 a 2,0
Potássio (K ₂ O)	1,0 a 2,0
Cálcio (CaO)	0,5 a 1,8
Magnésio (MgO)	0,5 a 0,9
Micronutrientes	Teor (ppm)
Zinco (Zn)	100 a 141
Cobre (Cu)	70 a 80
Manganês (Mn)	55 a 400
Ferro (Fe)	1000 a 1400
Boro (B)	80 a 100
Outras características	
Umidade	10%
Índice de acidez (pH)	6,0
Proteínas totais	40%
Matéria orgânica	92%
Relação C/N	6:1 a 10:1

Fonte: Embrapa, 2006.

possibilidade de destoxificar a torta de mamona pelo seu cozimento por uma ou duas horas. Descobriu-se, em 1938, que o aquecimento a 140°C, durante 60 a 90 minutos era suficiente para eliminar os princípios tóxicos dessa torta. Entre os vários métodos que conseguiram eliminação total da ricina, pode-se destacar o do aquecimento seco a 205°C, cozimento da torta em flocos na presença de 2% de Na OH à pressão de 20 psig, cozimento com 0,9% de HCl e 3% de CH₂O, entre outros (GARDNER et al., 1960).

Muitas descobertas foram feitas na década de 1940, quando foi patenteado na Alemanha o processo de destoxicação que consistia em ferver a torta repetidamente, por curtos períodos de tempo, com mudança da água após cada fervura. No mesmo período, também foi concedida uma patente na Bélgica que se baseava em eliminar a ricina por extração da torta com halogênios e hidróxidos alcalinos, seguida de autoclavagem (SEVERINO, 2005).

Na Hungria, comprovou-se nos anos de 1940 que tratando a torta com vapor de água, e pos-

terior remoção a vácuo do excesso de umidade, era eficiente para a destoxicar. Em 1949, estudos concluíram que a autoclavagem por 15 minutos, juntamente com o tratamento com ácidos ou álcalis diluídos, foi eficaz no processo de destoxicação da torta. Esses estudos comprovaram também que o aquecimento a 80°C não foi suficiente para eliminar os princípios tóxicos. Nessa mesma época, testaram diversos processos para destoxicação da torta de mamona, combinando diferentes temperaturas, adição de produtos químicos e outros processos: tratamentos ácidos, adição de produtos alcalinos (Na OH, KOH, Ca (OH)₂), tratamento com diferentes temperaturas, harmonização, autoclavagem, ureia, fermentação aeróbica e permanganato de potássio (SEVERINO, 2005).

Em 1949, foi descoberto que o aquecimento a seco ou o cozimento em até 80 °C não eram suficientes para eliminar as toxinas (KODRAS et al. 1949 apud SEVERINO, 2005). Verificaram, na década de 1960, a destruição de aminoácidos nas tortas tratadas por vapor e que ela estava ligada à pressão de vapor empregada (MOTTOLA et al., 1971). Em 1971, estudos provaram que ocorre a destruição de parte dos aminoácidos essenciais existentes no farelo tratado com óxido de cálcio, hidróxido de amônio e vapor (FULLER et al., 1971).

Entre os métodos biológicos de destoxicação há um que consiste na mistura da torta de mamona com a da planta *Shorea robusta* que também é tóxica, devido à presença de tanino.

O tanino causa a precipitação da ricina e vice versa, procedendo à destoxicação de ambas as tortas ao mesmo tempo, melhorando a qualidade de suas proteínas (GANDHI et al., 1994).

Segundo Anandan et al. (2005), é possível eliminação total da ricina com a utilização do tratamento térmico na autoclave (15 psi, 60 min) e em processos combinados (térmico com químico) que utilizaram o hidróxido de cálcio (40 g/kg torta).

Os resultados dessas pesquisas fazem acreditar na possibilidade da eliminação da ricina a partir de fontes de tratamento térmico de baixo custo, como por exemplo, a energia solar, abrindo espaço para viabilizar a utilização do farelo de mamona na alimentação animal, agregando maior valor ao produto. Esta pesquisa pretende comprovar que é possível eliminar a ricina do farelo e avaliar os resultados da destoxicação.

O farelo de mamona possui 40% de proteína, e o de soja, 45%, mas quando se considera o custo do quilo da proteína encontram-se os valores médios de R\$ 0,30 no farelo de mamona, e de R\$ 1,10, no de soja. Esses preços de mercado tornam ainda mais favoráveis estudos e desenvolvimento de tecnologia para a utilização da torta e/ou farelo como ração animal.

5 Glicerina

Com o aumento da produção e uso do biodiesel no país, a glicerina, subproduto do processo de fabricação desse combustível, passou a ter grande oferta no mercado, e seus preços, consequentemente, estão em constante queda.

Com a introdução do B5, a partir de 2010, será gerado um excedente de 150 mil ton/ano de glicerina. Esse cenário indica que a viabilização comercial do biodiesel passa pelo consumo desse volume extra de glicerina, buscando aplicações de larga escala e agregando valor à cadeia produtiva. Por outro lado, o aumento da produção de biodiesel só poderá ser viabilizado economicamente se forem encontradas novas aplicações e mercado para o glicerol produzido. Assim, surge a necessidade de pesquisa sobre a produção e aplicação de derivados do glicerol. (CARDOSO et al., 2007).

O glicerol é outro co-produto da cadeia, sendo utilizado principalmente em aplicações farmacêuticas, na síntese de resinas, nos ésteres,

na produção de biogás, na gasolina, na queima direta para geração de energia, nos cosméticos e nos alimentos.

A utilização da glicerina como co-produto na forma bruta é considerada altamente desejável, embora essa não seja uma tarefa fácil, já que ela se encontra misturada com restos de óleo/gordura, água, álcool não reagido e catalisador utilizado, normalmente alcalino. O poder calorífico da glicerina pura é cerca de 19,0 MJ/kg, e o da bruta, de 25,30 MJ/kg esse valor maior é explicado pela presença de etanol e traços de biodiesel na amostra.

O consumo atual de glicerina, no Brasil, principalmente pelas indústrias farmacêutica, cosmética, alimentícia e química (produção de triacetina e polióis) esta na ordem de 14.000 ton/ano, resultando em um enorme excedente desse produto, e um grande problema para as indústrias fabricantes de biodiesel.

Com a grande oferta de glicerina no mercado surgem novas alternativas para o aproveitamento dessa matéria-prima para gerar energia, e uma delas é a produção de briquetes de biomassa, que possui grande mercado na geração de energia. Briquetes (Figura 2) são produtos de alto poder calorífico, obtidos pela compactação dos resíduos de madeira, carvão, casca de arroz, palha de milho, sabugo, casca de coco, bagaço de cana, torta e casca de oleaginosas em geral. Apresentam formas regulares e constituições homogêneas, sendo muito utilizados para produzir energia. É considerado uma lenha ou carvão ecológico de alta qualidade, feito a partir da compactação de resíduos lignocelulósicos, sob pressão e temperaturas elevadas (BIOMACHINE, 2009; BIOMAX, 2009).

Os briquetes possuem as seguintes vantagens: são produzidos em tamanhos padrões; são fáceis de armazenar, ocupando espaço reduzido; são higiênicos, não apresentando os inconvenientes da lenha, são produtos 100% reciclados e eco-



Figura 2: Briquetes, em diversos tamanhos, feitos com resíduo ligno-celulósico

Fonte: Mfrural, 2009.

logicamente corretos, reduzem o impacto negativo sobre as florestas nativas para a retirada de lenha e dispensam guia e reposição florestal junto ao órgão fiscalizador (BIOMACHINE, 2009; BIOMAX, 2009).

O poder calorífico de um briquete, utilizando 20% de glicerina pura, pode produzir briquetes com até 21 MJ/Kg (CARVALHO, 2010). Esses briquetes podem ser utilizados em toda empresa que tenha forno ou caldeira nos quais seja possível usar lenha, como por exemplo: padarias, pizzarias, frigoríficos, olarias e churrascarias. Segundo dados da Federação das Indústrias do estado de Sergipe (FIES), existem cerca de 880 estabelecimentos entre panificadoras, fábricas de cerâmicas e de altos fornos e pizzarias que podem utilizar o briquete para geração de energia.

Uma das matérias-primas que pode ser utilizada na produção do briquete é a casca de coco. No Nordeste, o consumo da água de coco está gerando 6,7 milhões de toneladas de casca/ano, transformando-se em um sério problema ambiental, principalmente para as grandes cidades. Cerca de 70% do lixo gerado no litoral dos grandes centros urbanos do Brasil é composto por cascas de coco

verde, material de difícil degradação e que, além de foco e proliferação de doenças, vem diminuindo a vida útil de aterros sanitários (EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL, 2009).

A grande oferta de casca de coco e o fato dessa casca ser utilizada para produzir briquetes tornam-se uma alternativa para sanar a necessidade de aproveitamento da glicerina excedente no mercado e para a resolução do problema do lixo urbano, gerado pelo consumo do coco. Além disso, a possibilidade de criar uma usina para produzir briquete de casca de coco, utilizando glicerina, é uma maneira de gerar energia de forma sustentável.

Observou-se em uma pesquisa que uma usina de produção de briquetes de casca de coco e glicerina, com uma jornada de 8 horas/dia, 260 dias/ano teve uma perda de 8,25% referente à quantidade de cinza gerada no processo de produção do briquete de casca de coco (VAZ et al., 2010).

Em um estudo realizado por Carvalho (2010), mostra-se que os maquinários para construção de briquetes com glicerina são os mesmos utilizados em fábricas convencionais de briquete, tais como briquetadeira, silo material seco, secador, *redler*, chupim e picador, em diferentes escalas de produção.

A capacidade do equipamento de briquetagem baseia-se em resíduos com peso específico de 100-110 kg/m³ e umidade de 16% (base úmida). A capacidade do secador dimensionado para resíduos com umidade é de entrada máxima de 55% e saída de 12 a 14% (BIOMAX, 2010). Esse autor identificou também que o melhor percentual de glicerina para os briquetes é em torno de 20% para cada um.

Considerando os equipamentos e a quantidade de glicerina para os briquetes, pode-se avaliar a viabilidade econômica da usina, calculando seu Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *payback*. Na Tabela 5, são mos-

trados os resultados do comparativo dos três tipos de usina, levando em consideração investimento, receitas e lucros obtidos.

Tabela 5: Resultados da viabilidade das usinas

Resultados	Usina 1	Usina 2	Usina 3
Toneladas de sementes (ton/h)	0,7	1,0	1,5
Investimento	R\$ 1.058.300,00	R\$ 1.153.000,00	R\$ 1.284.000,00
Receita bruta anual	R\$ 467.558,00	R\$ 667.940,00	R\$ 1.001.910,00
Receita líquida	R\$ 450.492,13	R\$ 643.560,19	R\$ 965.340,29
Lucro bruto	R\$ 93.701,70	R\$ 178.537,29	R\$ 323.270,69
Lucro Antes do Imposto de Renda (LAIR)	R\$ 40.701,70	R\$ 125.537,29	R\$ 270.270,69
Lucro líquido	R\$ 30.933,29	R\$ 95.408,34	R\$ 205.405,72
Fluxo de caixa	R\$ 136.763,29	R\$ 210.708,34	R\$ 333.805,72
VPL	-R\$ 217.948,76	R\$ 141.711,54	R\$ 767.091,65
TIR	3,13%	11,30%	21,49%
Payback – anos	7,7 anos	5,5 anos	3,8 anos

Fonte: Vaz et al., 2010.

Os resultados mostram que uma usina com produtividade superior a 1 tonelada/hora é viável economicamente, como é o caso da Usina 2 com VPL de R\$ 141.711,54, TIR de 11,30% e 5,5 anos de retorno sobre o investimento, e da Usina 3 cujo VPL é de R\$ 767.091,65, TIR de 21,49% e retorno sobre investimento de 3,8 anos. Assim, a usina que possui maior atratividade é a de número 3. Com relação aos custos de produção/tonelada obteve-se na Usina 1: R\$ 153,38, Usina 2: R\$ 135,72, e Usina 3: R\$ 121,41.

Conclusões

No processo de obtenção de biodiesel, são gerados excedentes de glicerina e biomassa. Neste trabalho, discutiram-se as possibilidades de utili-

zação desses subprodutos e sua transformação em produtos de valor agregado, contribuindo para a diminuição dos impactos ambientais e a sustentabilidade do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB).

Demonstrou-se que existe potencial para utilizar os resíduos agroindustriais da mamona na alimentação de animais, como adubo – que possui a capacidade de recuperar áreas degradadas – e também no controle de nematoides do solo. Além disso, verificou-se que a glicerina pode ser utilizada como combustível com alto poder calorífico.

Referências

- AKHTAR, M.; MAHMOOD, I. Control of plant-parasitic nematodes with organic and onorganic amendments in agricultural soil. *Applied Soil Ecology*, v. 4, p. 243-247, 1996.
- ANANDAN, A. et al. *Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake*. Animal Feed Science and Technology, 2005.
- AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. O Agronegócio da mamona no Brasil. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF, 2001.
- BANDEIRA, D. A. et al. Resíduo industrial da mamona como fonte alternativa na alimentação animal. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA. Campina Grande/PB, 2004.
- BIOMACHINE. *Briquetes*. Disponível em: www.biomachine.com.br/biomachine.asp. Acesso em: 6 jul. 2009.
- BIOMAX. *Briquetes*. Disponível em: <http://www.biomaxind.com.br/site.html>. Acesso em: 6 jul. 2009.
- CÂNDIDO, M. J. D. et al. Utilização de co-produtos da mamona na alimentação animal. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA. Salvador, 2008.
- CARDOSO, R. V. et al. Nova metodologia de obtenção do carbonato de glicerina. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química. Cidade Universitária CT Bloco A. Rio de Janeiro, RJ. 2007.
- CARVALHO, J. B. R. *Composto a partir de glicerina e biomassa para produção de energia*. (Pós-Graduação em Engenharia Química)–Universidade Federal de Sergipe, UFS. Sergipe, 2010.



- CONAB (Companhia Brasileira de Abastecimento). *Informações sobre a safra 2007/2008*. Brasil, 2009. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=101>>. Acesso em: 5 jan. 2010.
- COSTA, F. X. et al. *Composição química da torta de mamona*. Anais do I Congresso Brasileiro de mamona. In: I Congresso Brasileiro de mamona. Campina Grande, PB, 2004.
- 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. 531-7. São Paulo: 2000.
- EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL (EMBRAPA). *Pesquisa em transferência de tecnologia*. Disponível em: <www.cnpat.embrapa.br>. Acesso em: 12 dez. 2009.
- FELIZARDO, P. M. G. *Produção de biodiesel a partir de óleos usados de fritura*. Lisboa: 2003. Portugal. 127 p. Relatório Técnico. 2003.
- FULLER, G. H. G. et al. Potential for detoxified castor meal. *J. Amer. Oil Chem.* v. 48, n. 10, Oct. 1971.
- GANDHI, V. M.; CHERIAN, K. M.; MULKY, M. J. Detoxification of castor seed meal by interaction with sal seed meal. *Journal of the American Oil Chemists Society*, v. 71, n. 8, Ago. p. 827-831, 1994.
- GARDNER JUNIOR, H. K. et al. Detoxification and deallergenization of castor beans. *Journal of the American Oil Chemists Society*. v. 37, p. 142-148, 1960.
- GOMES, F. H. T. *Composição químico-bromatológica e degradação in situ de nutrientes coprodutos da mamona e do pinhão-mansão da cadeia produtiva do biodiesel*. 2007, 50p. Monografia (Graduação em Agronomia)–Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2007.
- HOYDONCKX, H. E. Esterification and transesterification of renewable chemicals. Centre for Surface Chemistry and Catalysis. *Topics in Catalysis*, v. 27, 2004.
- LIMA, E. P. *Estudo da estrutura e função da ricina e da tecnologia para o uso da torta de mamona como alimento animal*. In: II CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA. João Pessoa, PB, 2007.
- LIMA, P. C. R. *Biodiesel: um novo combustíveis para o Brasil*. p. 31 Brasília, DF, 2005.
- LOUREIRO, M. C. Torta de semente da mamoneira na alimentação animal. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 11, n. 66, p. 290-294, 1962.
- MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). *Zoneamento agrícola para a cultura da mamoneira (Ricinus communis L.) no Brasil*. Sistema de Legislação Agrícola Federal. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do>>. Acesso em: 26 fev. 2010.
- MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JUNIOR, A. S. *Avaliação Agroeconômica do sistema de produção de mamona em consórcio com feijão-caupi*. In: 2º CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE MAMONA. Aracaju, SE, 2006.
- MFRURAL. *Imagem de briquetes*. Disponível em: <<http://www.mfrural.com/detalhe.asp?cdp=1958&mnop=BRIQUETE-lenha-ecologica>>. Acesso 6 jul. 2009.
- MOTTOLA, A.C.; MACKEY, B. HERRING, V. *Castor meal antigen deactivation – pilot plant steam process*. *Journal of the American Oil Chemists Society*, v. 48, set p.510-513, 1971.
- NAUFEL, F. et al. Efeitos comparativos da administração de farelos de torta de mamona atoxicada, de soja e de algodão na dieta de vacas em lactação. *Boletim da indústria Animal*, Nova Odessa, v. 20, p. 47-53, 1962.
- PARENTE, E. J. *Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado*. 2007. Disponível em: <www.tecbio.com.br/downloads/livro%20Biodiesel.pdf>. Acesso em: 6 maio 2009.
- RODRIGUES, R. A. et al. *A viabilidade de utilização do óleo vegetal como fonte alternativa de energia*. Brasília, DF: Governo Federal, 2003. 15 p. Relatório Oficial.
- SAVY FILHO, A. *Mamona: tecnologia agrícola*. Campinas: Emopi, 2005. 105p. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Mamona/Mamona.htm>>. Acesso em: 6 jul. 2009.
- SEVERINO, L. S. *O que sabemos sobre a torta de mamona*. Campina Grande, Paraíba, 2005.
- VAZ, V. H. S. et al. Viabilidade de usina de briquete de casca de coco e glicerina em Sergipe. In: II Fórum Brasileiro de Energia, 2010, Bento Gonçalves. Viabilidade de Usina de Briquete de Casca de Coco e Glicerina em Sergipe, 2010.
- VIANNA, F. C. *Análise Econômica: avaliação do desempenho econômico-ambiental do biodiesel e petrodiesel*. 2006. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

Recebido em 9 jun. 2010 / aprovado em 16 dez. 2010

Para referenciar este texto

SILVA, M. S. et al. Aproveitamento de co-produtos da cadeia produtiva do biodiesel de mamona. *Exacta*, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 279-288, 2010.