

II SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE ENERGIA NA AGRICULTURA

Acta Iguazu

ISSN: 2316-4093

Uma revisão do uso do óleo de rícino proveniente da Mamona (*Ricinus communis L.*), em diversos setores industriais e combustíveis

Lilian Cristina de Souza Madalena¹, Adriana Ferla de Oliveira², Reginaldo Ferreira Santos¹, Ricielly Eloyze Rosseto¹, Pablo Chang¹, Elisandro Pires Frigo¹

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, PPGA – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura – Nível Mestrado, Cascavel-PR.

²Universidade Federal do Paraná – UFPR - Setor Palotina, Rua Pioneiro, 2153, CEP: 85.950-000, Bairro Jardim Dallas, Palotina, PR.

liliraiox@hotmail.com, adrianaferla@ufpr.br, reginaldo.santos@unioeste.br, riciellyeloyze@hotmail.com, pablo-sdw@hotmail.com, epfrigo@gmail.com

Resumo: Pensando em energias renováveis, biocombustíveis e seu avanço nos últimos tempos, chegamos a cultura da mamona. Essa oleaginosa tem toda uma cadeia produtiva já estabelecida, devido sua grande versatilidade e valor econômico referentes ao óleo da mamona. Mas se tratando da produção do biodiesel, ela ainda é pouco representativa, mesmo com seus pontos positivos, sua adaptabilidade e introdução na agricultura familiar como alternativa, principalmente na região Nordeste. Sua oferta é menor do que a demanda o que aumenta muito o preço do óleo de mamona utilizado em várias áreas como matéria-prima, principalmente na indústria ricinoquímica. A falta de incentivo financeiro com novas pesquisas e investimento adiam seu desenvolvimento tecnológico para área de biocombustíveis. Diante da importância da mamona, o objetivo do presente trabalho é trazer um panorama da cultura, do uso do seu óleo na indústria e sua utilização como matéria-prima para produção de biodiesel.

Palavras-chave: oleaginosa, ricinoquímica, biodiesel.

A review of the use of castor oil from castor bean (*Ricinus communis L.*) in various industrial sectors and fuels

Abstract: Thinking about renewable energies, biofuels and their advancement in recent times, we have come to the castor bean culture. This oleaginous has an already established productive chain, due to its great versatility and economic value regarding castor oil. But when it comes to biodiesel production, it is still not very representative, even with its positive aspects, its adaptability and its introduction into family agriculture as an alternative, especially in the Northeast region. Its supply is lower than demand which greatly increases the price of castor oil used in various areas as raw material, mainly in the ricinoquímica industry. The lack of financial incentive with new research and investment postpones its technological development in the area of biofuels. Considering the importance of castor bean, the objective of the present work is to bring a panorama of the culture, the use of its oil in the industry and its use as raw material for biodiesel production.

Key words: oleaginous, ricinoquímica, biodiesel.

Introdução

Desde os tempos remotos, a instabilidade na oferta energética, dependente de combustíveis fósseis, levou países a buscarem alternativas energéticas renováveis para balancear as consequências dessa instabilidade. Segundo o Ministério de Minas e Energia (2017), de acordo com o Balanço Energético Nacional, na matriz energética brasileira, as energias renováveis tiveram uma elevada participação de 43,5% em 2016. Dentre este percentual, 5,4% correspondem a lixo e outras renováveis, nas quais se enquadram o biodiesel (19,2%) e outras biomassas (7,0%).

Dentro desta perspectiva de energia através de fontes renováveis, encontramos a produção de biodiesel, não tóxico, livre de enxofre, biodegradável e originado a partir de gorduras animais, oleaginosas e resíduos de óleos de cozinha (IJAZ et al., 2016). As plantas produtoras de biodiesel, somam hoje 51 instaladas, com um total de 627.924 m³ de capacidade autorizada de biodiesel e produção total mensal de biodiesel de 255.361 m³. Conforme a Lei 16.263/2016, a partir de março de 2017, o volume da mistura passou a ser de 8% (ANP, 2017). Dentre as oleaginosas, a soja, ainda é a principal oleaginosa utilizada como matéria-prima na produção de biodiesel, mas essa concorre como cultura alimentar, entre outras alternativas teríamos a cultura da mamona.

Considerado um óleo não comestível, o óleo de mamona é classificado como biocombustível de segunda geração. Essa cultura não tem uma competição direta com culturas alimentares e também se desenvolvem em condições com menor rigor (EWING e MSANGI, 2009; DEL RIO et al., 2015; OROZCO et al., 2017). Além do fato da mamona se adaptar a vários tipos de solos, condições climáticas, está acessível a baixo custo, tem uma eco-simpatia e é uma alternativa de renda, principalmente para região Nordeste (NDIAYE et al.; OGUNNIYI, 2006; ALBUQUERQUE, 2009; CÉSAR e BATALHA, 2010; MUBOFU, 2016).

Em climas tropicais e subtropicais, esta cultura é presente em aproximadamente 15 países (AZEVEDO et al., 2007). No Brasil, as regiões com áreas de cultivo, produtividade e produção efetivas são: Nordeste (Piauí, Ceará, Pernambuco e Bahia), no Centro-Oeste (Mato Grosso), Sudeste (Minas Gerais), Norte/Nordeste, Centro-sul (CONAB, 2017). Por ser uma cultura muito versátil e com boa rentabilidade é considerada principalmente pela indústria e a agroenergia, como um grande potencial (OLIVEIRA, 2008). Diante da importância da

mamona, o objetivo do presente trabalho é trazer um panorama da cultura, do uso do seu óleo na indústria e sua utilização como matéria-prima para produção de biodiesel.

Revisão Bibliográfica

É a planta oleaginosa, mais comumente conhecida como mamona (*Ricinus communis* L.), pertencente à família *Euphorbiaceae* e gênero monotípico *Ricinis* (OGUNNIYI, 2006), também conhecida como: mamoneira, rícino, carrapateira, carrapato, abelmeluco, castor bean, palma-de-Cristo, tártago, higuierilla, higuiereta, enxerida (CARNEIRO, 2015). Existem por volta de 90 espécies diferentes de sementes na sua utilização (ALMEIDA et al., 2002; CAMPOS e SANTOS, 2015).

No cultivo da mamona, com 87% da produção mundial de grãos, a Índia obtém o primeiro lugar no ranking, seguida por Moçambique, China e Brasil (FAOSTAT, 2017). Os principais importadores do óleo de mamona são França, Alemanha, Estados Unidos Japão, China, Países Baixos e Tailândia, que utilizam essa matéria-prima em diversos produtos nas indústrias (CUNHA et al., 2017). De acordo com a Conab (2017), a estimativa de produção nacional de mamona safra 2016/2017 é de 15,2 mil toneladas. Dentro da produção brasileira aproximadamente mais de 90% são provenientes da região Nordeste (IBGE, 2017). De acordo com a Faostat (2017) a produção brasileira tem uma média de $0,59 \text{ t/ha}^{-1}$.

A variabilidade do óleo de rícino gera uma grande gama de produtos, isso ocorre devido a sua química, que tem com predominância, em torno de 90 % de ácido ricinoleico (ácido 12-hidroxi-9-cis-octadecenoico), além do alto teor de óleo presente no grão, fatores estes de grande importância para a indústria (MUBOFU, 2016). O estudo de Gauto e Rosa (2011) relatam o teor de óleo entre 43 a 45 %. No estudo de Ijaz et al. (2016) foi de 48 %. Conforme Mapa (2017a), o teor de óleo na baga é de 45 a 50% e no farelo de 50 a 55%. Todos com resultados bem acima do teor de óleo 15-20% referente a soja, atualmente a cultura mundialmente mais usada para produção de biodiesel (ATABANI et al., 2012).

Observamos a extração do óleo a partir da prensagem a quente que resulta em um óleo não tão puro, sendo necessário ainda a remoção de substâncias corantes e gomas. Outro processo é a extração através de solvente, principalmente o hexano. Ainda temos a prensagem a frio, na qual origina um óleo de maior pureza. (CAMPOS e SANTOS, 2015). O estudo de Mubofu (2016) é citado vários processos que permitem a transformação do ácido ricinoleico devido as suas propriedades, em outros produtos, como por exemplo a presença de grupo

carboxílico, dupla ligação, grupo funcional hidroxilo. Podemos verificar alguns desses processos e sua importância industrial na Figura 1.

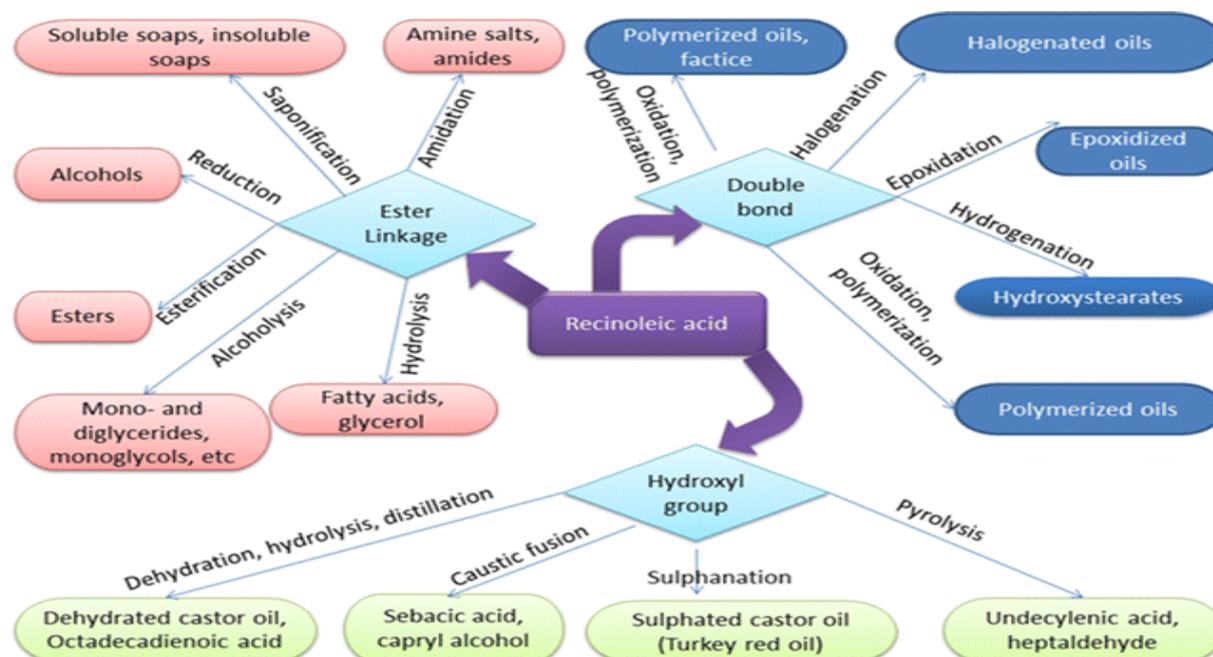


Figura 1. Esquema dos processos de transformações do ácido ricinoleico.

Fonte: MUBOFU (2016).

Através destes processos obtemos matérias-primas para outros produtos. Alguns dos seus aspectos positivos é que podem ser retornados até 20 toneladas de biomassa ao solo, a partir dos restos culturais da mamoneira (CUNHA et al., 2017). A diversificação dos produtos a partir do óleo também é muito grande, que de acordo com Sluszz e Machado (2006) são utilizados como adesivos, fios, resinas, tecidos, náilon, etc. Já Campos e Santos (2015) cita materiais plásticos, lubrificantes, espumas, vernizes, tintas. Temos sua utilização vinculada como repelente de mosquitos (MOREIRA, 2017). Estudos de “biofertilizante enriquecido com mamona” (LEITE e MEIRA, 2017). Segundo Mubofu (2016) “o uso de óleo de rícino e ácido ricinoleico como agente de cobertura verde na síntese de nanomateriais é destacado”. Está representado na Figura 2, um fluxograma com as principais utilizações da mamona, com seus devidos fins. Conforme podemos observar a agroindústria e conseqüentemente a indústria de ricinoquímica são seus principais consumidores.

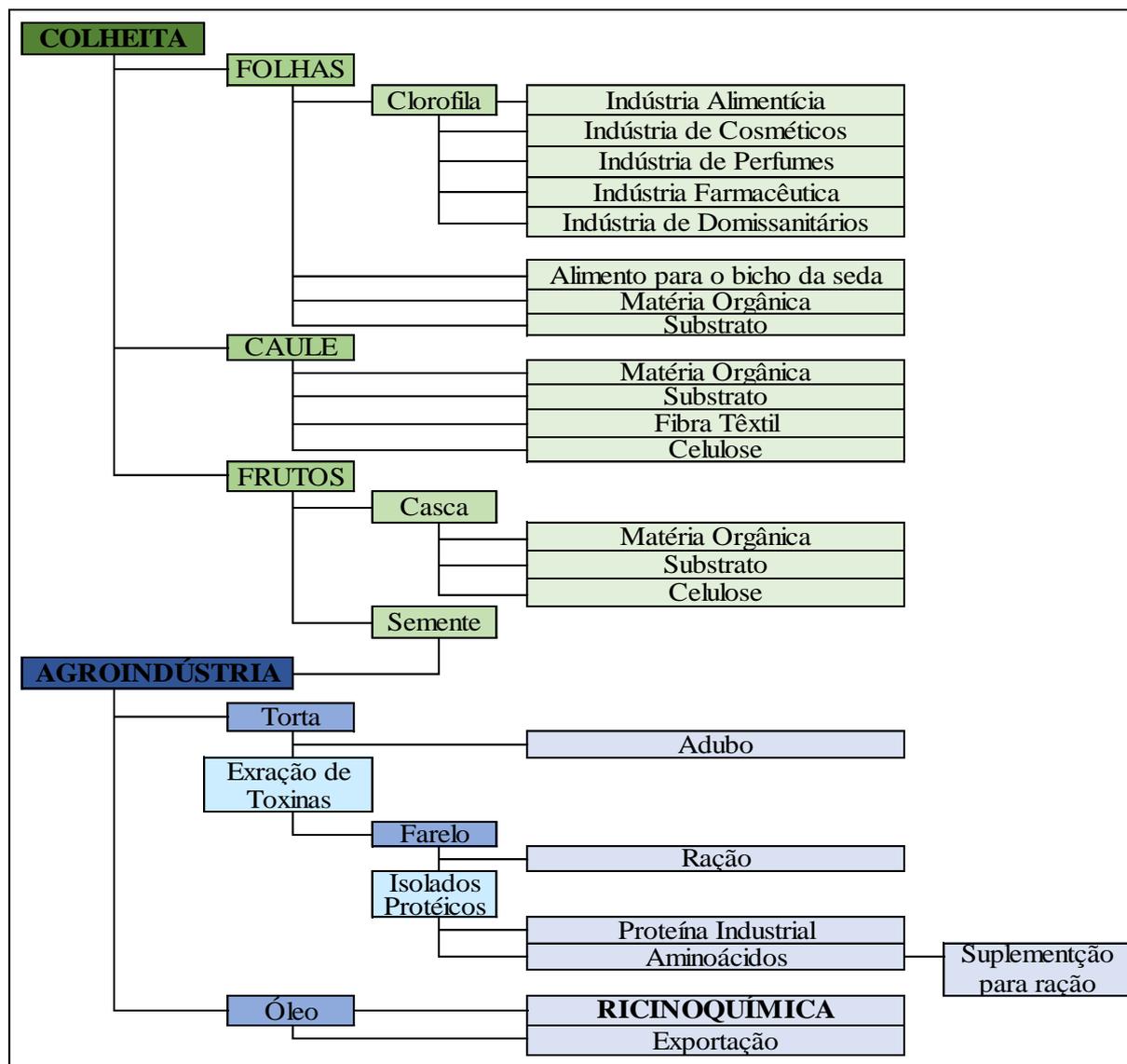


Figura 2. Fluxograma das principais utilizações da mamona.

Fonte: Adaptado de SCHENEIDER (2003); ASSEMBLÉIA (2000).

Um outro meio de transformação a partir do óleo de mamona é a transesterificação utilizada na produção de biodiesel. O rendimento do potencial de biodiesel na cultura da mamona é de 1320 litros de biodiesel por hectare. Bem acima dos valores do biodiesel de soja, que obteve 420 litros de biodiesel por hectare, cultura tradicionalmente usada para produção de biodiesel (AMARAL, 2007).

De acordo com Ndiaye et al. (2006), pelo fato de óleo de mamona ser um triglicerídeo proveniente do ácido ricinoleico, conforme o estudo de Albuquerque et al. (2009) dentro das normas europeias, o biodiesel proveniente do óleo de mamona não atende algumas das especificações, entre elas gravidade específica e viscosidade conforme apresentado na Tabela

1. Mas diferentes misturas de biodiesel de outras oleaginosas com biodiesel de mamona podem melhorar essas propriedades e ajustar essas deficiências.

Tabela 1. Especificações europeias x propriedades de óleos de biodiesel puro

Biodiesel	Gravidade específica	Viscosidade (cSt)	Índice de iodo	Acidez (mg KOH/g)	Glicerina livre (% m/m)	Glicerina combinada (% m/m)
Especif. Europeias	0,86-0,90	3.5-5.5	120 máx.	0.50 máx.	0,02 máx.	0,23 máx.
Mamona	0.920	13.5	85.2	0,42	0,015	0,018
Soja	0.881	4.1	124,6	0,30	0,02	0,004
Canola	0,880	4.6	107.5	0,35	0,016	0,020
Algodão	0.881	4.6	89,9	0,33	0,01	0,011

Fonte: ALBUQUERQUE et al. (2009).

Encontram-se estudos que nos dizem que com alguns ajustes na reação de transesterificação, tanto com metanol (JEONG e PARK, 2009), quanto com etanol (SILVA et al., 2006) é possível produzir biodiesel, portanto, tecnicamente a produção de biodiesel proveniente de óleo de mamona é viável (SEVERINO et al, 2012). Em relação ao teor de água, as especificações brasileiras (Resolução ANP nº 45/2014) quanto ao biodiesel, são as com maior exigência, comparadas com EUA e União Europeia. Assim como a estabilidade oxidativa do produto, que nos diz a respeito dos índices de ácidos linolênicos presente na matéria-prima (MAPA, 2015b).

Conforme Berman et al. (2011) tem como vantagem o seu alto teor energético, quanto aos aditivos de lubrificação. Na Tabela 2, verificamos que se tratando de B100 a elevada estabilidade oxidativa e o ponto baixo de nuvem do biodiesel de mamona são seus pontos positivos, principalmente se tratando do seu uso em tempo frio. E que a viscosidade cinemática e a temperatura de destilação são as únicas propriedades que não atingiram os limites das normas. Apesar dos bons resultados encontrados com o B10, conforme a ASTM D7467 determina que o biodiesel puro satisfaça as especificações da norma ASTM D6751. Isso acaba restringindo várias outras matérias-primas, mesmo que o percentual real utilizado em misturas seja baixo e não utilizado o 100% puro. O estudo de Chechetto et al. (2010) nos fala do balanço energético eficiente da cultura da mamona, com um ganho de 15.983,44 MJ ha⁻¹.

Tabela 2. Propriedades B100 e B10, relacionadas a composição de FA e propriedade de combustível da ULSD

Propriedades	ASTM D6751 B100		ASTM D7467 B10		ASTM D975 ULSD	
	Limites	Result.	Limites	Result.	Limites	Result.
Viscosidade Cinemática, até 40 °C, mm ² s ⁻¹	1.9-6.0	15.17	1.9 - 4.1	3.621	1.9-4.1	3.277
Número de Cetano	47 min.	48.9	40 min.	48.5	40 min.	51.4
Ponto de Nuvem, °C	--	-14	--	-1	--	-1
Estabilidade Oxidativa, 110 °C, h	3 min.	44	6 min.	86.4	20 min.	114.7
Temp. de Destilação (90% vol. Recuperado), °C	360 máx.	398.7	343 máx.	340.8	338 máx.	n/d
Lubrificação, HFRR até 60 °C, µm	--	--	520 máx.	139	520 máx.	n/d

Fonte: Adaptado BERMAN et al. (2011).

Em sua pesquisa Bueno et al. (2017) cita os valores mais elevados de viscosidade cinemática, tensão superficial, densidade e ponto de ebulição do éster metílico do óleo de mamona em relação ao éster metílico de óleo de soja. Isso está relacionado com o grupo hidroxilo, presente no ácido ricinoleico e sua maior polaridade, o que influencia nos processos seguintes da combustão, desempenho no motor e emissões. Mas existe uma escassez de pesquisa e literatura sobre o assunto. Podemos averiguar na Tabela 3, uma comparação das propriedades de diferentes combustíveis.

Tabela 3. Comparação das propriedades físico-química relevantes dos combustíveis

Propriedades do combustível	Diesel	Soja			Mamona		
		B10	B20	B100	B10	B20	B100
Viscosidade cinemática [cSt @ 40 °C]	2.53	2.56	2.82	4.16	3.01	4.20	14,5
Gravidade específica [kg/m ³]	829.9	835.20	840.5	882,9	838.6	849.3	923.7
C na fórmula química[-]	10.80	11.31	11,87	18,83	11,27	11,78	17,96
H na fórmula química[-]	18.70	19.73	20,85	34,82	19.83	21.04	35,82
O na fórmula química[-]	0.00	0,13	0,27	2	0.19	0,39	2.86

Ester monoinsaturado [% mol]	-	-	-	24,65	-	-	91.41
Ester poliinsaturado [% mol]	-	-	-	56.62	-	-	6,9
Valor de iodo [gI ₂ /100 g]	-	-	-	121.60	-	-	83.40
Maior valor de aquec. [MJ/kg]	45.56	45.02	44.50	40,48	44.64	43.75	37,34
Índice de Cetano[-]	49,9	50.1	50.3	52.1	49,9	49,9	50
Ponto de ebulição normal [°C]	172,9	184.1	196.2	347.7	188	204.2	401.8
Ponto de inflamação [°C]	64.0	66.2	67,2	176,7	67	68.2	273.1

Fonte: BUENO et al. (2017).

Muitos países tem o óleo de mamona como opção para produção de biodiesel. No Brasil foi criado um Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), em 2004, como alternativa do governo para gerar oportunidades para agricultura familiar, geração de empregos, inclusão social conforme a necessidade de cada região (MENEZES e BERNARDO, 2017).

Apesar de alguns incentivos e técnicas viáveis, o preço do biodiesel é instável e oscila conforme o preço do petróleo. Baixa oferta do produto para suprir a demanda e preço alto do óleo de mamona, principalmente pelo fato do mesmo ser usado como matéria-prima em outras áreas já consolidadas. O resíduo produzido a glicerina é um gargalo e ser desenvolvido. Falta de assistência técnica aos agricultores com intuito de padronizar o serviço, custos elevados de transação (DESER, 2007; SEVERINO et al, 2012). De acordo com Cunha et al. (2017) por se tratar de uma oportunidade promissora a produção de mamona através da agricultura familiar e seu desígnio ao biodiesel no Nordeste brasileiro, tem sido meta do governo. Existe uma necessidade de agregar valor na produção da mamona e algumas das suas limitações se dá por conta da deficiência na viabilidade operacional, destoxificação e desalergenização eficazes e comprovadas, processos industriais com custo acessíveis.

Considerações finais

Apesar dos avanços, no que diz respeito a melhoramento genético da cultura, ainda necessitam de ajustes para o manejo geral, com o intuito de um melhor rendimento final deste produto, melhor adaptabilidade a diferentes regiões e atendimento da demanda do mesmo, que será utilizado como matéria-prima para muitas outras áreas.

Em se tratando do óleo de mamona, o uso do seu principal constituinte que é o ácido ricinoleico é visto que, seu uso na indústria é bem consolidado, gerando vários outros produtos com alto valor agregado. Fazendo assim, com que seu preço e demanda sejam altos e de grande importância comercial.

Quanto ao uso do óleo na produção de biodiesel, apesar de ter tido alguns incentivos, ser tecnicamente viável e existir mercado para seu consumo como biodiesel, economicamente falando, ainda não é interessante, pela consolidação existente do óleo como matéria-prima em outras áreas mais rentáveis. Mas em geral, percebe-se que existe um mercado a ser melhor explorado, mas que necessita de políticas públicas direcionadas ao desenvolvimento do produto também como biodiesel, estímulos financeiros e afins, pesquisa e desenvolvimento tecnológicos, qualificação e apoio técnico, entre outros. Enfim, um melhor delineamento e planejamento, para uma motivação e desenvolvimento da cultura da mamona em diferentes regiões.

Referências

ALBUQUERQUE, M. C. G.; MACHADO, Y. L.; TORRES, A. E. B.; AZEVEDO, D. C. S.; CAVALCANTE, C. L.; FIRMIANO, L. R.; PARENTE JR, E. J. S. Properties of biodiesel oils formulated using different biomass sources and their blends. **Renewable Energy**, v. 34, ed. 3, p. 857–859, Mar. 2009.

ALMEIDA, F. de A. C.; MORAIS, A. M. de; CARVALHO, J. M. F. C.; GOUVEIA, J. P. G. de. Crioconservação de sementes de mamona das variedades nordestina e pernambucana. **Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.295-302, Campina Grande, 2002.

AMARAL, F. P. D. **Estudo das características físico-químicas dos óleos da amêndoa e polpa da macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart]**. 2007. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2007.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim mensal do biodiesel**. Fev. 2017. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/boletins-anp/2386-boletim-mensal-do-biodiesel>>. Acesso em: 27 de julho de 2017.

ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO RIO GRANDE DO SUL - Comissão de Educação, Cultura, Desporto, Ciência e Tecnologia. **Petróleo verde – Uma alternativa para o Rio Grande**. 2000.

ATABANI, A. E.; SILITONGA, A. S.; BADRUDDIN, I. A.; MAHLIA, T. M. I.; MASJUKI, H. H.; MEKHILEF, S. A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.16, ed. 4, p. 2070-2093, Mai. 2012.

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO N. E. de M; SEVERINO, L. S. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, ed.2, p.223-253, 2007.

BERMAN, P.; NISRI, S.; WIESMAN, Z. Castor oil biodiesel and its blends as alternative fuel. **Biomass Bioenergy**, v.35, ed. 7, p. 2861-2866, Jul. 2011.

BUENO, A. V.; PEREIRA, M. P. B.; PONTES, J. V. de O.; LUNA, F. M. T. de; JUNIOR, C. L. C. Performance and emissions characteristics of castor oil biodiesel fuel blends. **Applied Thermal Engineering**, v. 125, p. 559-566, Out. 2017.

CAMPOS, E. dos S. de C.; SANTOS, V. M. L. dos. Estudo do processo de extração de óleo de mamona em cooperativas do pólo São Francisco. **Engevista**, v.17, n.4, p.477-490, Dez. 2015.

CARNEIRO, I. S. M. **Características agronômicas, adaptabilidade e estabilidade de linhagens de mamona no estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado) - Agricultura Tropical e Subtropical - Instituto Agronômico (IAC), Campinas/SP, 71 fls., Jan. 2015.

CÉSAR, A. da S.; BATALHA, M. O. Biodiesel production from castor oil in Brazil: a difficult reality. **Energy Policy**, v. 38, p. 4031-4039, Mar. 2010.

CHECHETTO, R. G.; SIQUEIRA, R.; GAMERO, C. A. Energy balance for biodiesel production by the castor bean crop (*Ricinus communis* L.) **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 546-553, Out./Dez. 2010.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra de grãos**. V. 4, n. 10 - Décimo levantamento – Safra 2016/2017 - Grãos, p. 170, Jul. 2017. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=1>>. Acesso em: 18 de julho de 2017.

CUNHA, G. H. DE M.; ROCHA, U. R.; OLIVEIRA, A. B. de. Economia da mamona: uma visão do mercado brasileira no início do século XXI. **Rev. Contribuciones a las Ciencias Sociales**, Jan-Mar. 2017.

DEL RIO, J. I.; CARDENÓ, F.; RÍOS, L. A.; PEÑA. **Hidrogenación de aceite crudo de *Jatropha* para aplicaciones industriales**. Inf. Technol, v. 26, p. 3-12, 2015.

DESER - Departamento de Estudos Sócios-Econômicos/Secretária de Agricultura Familiar-MDA. **A cadeia produtiva da mamona: um estudo exploratório**. Curitiba, Maio 2007.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de Produção Embrapa Algodão - Cultivo da Mamona**, v.4, ed. 3, Mar. 2014. Disponível em: < https://www.spo.cnpqia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaoof6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=5701&p_r_p_-996514994_topicoId=6301>. Acesso em: 01 de julho de 2017.

EWING, M.; MSANGI, S. Biofuels production in developing countries: assessing tradeoffs in welfare and food security. **Environmental Science & Policy**, v.12, ed. 4, p. 520-528, Jun. 2009.

FAOSTAT. **Castor Oil Seeds**. United Nations Food and Agriculture Organization. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 29 de junho de 2017.

GAUTO, M. A.; ROSA, G. R. **Processos e Operações Unitárias da Indústria Química**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE – Estatística da produção agrícola**. p. 74, Fev. 2017.

IJAZ, M.; BAHTTI, K. H.; ANWAR, Z.; DOGAR, U. F.; IRSHAD, M. Production, optimization and quality assessment of biodiesel from *Ricinus communis L* oil. **Journal of Radioation Research and Applied Sciences**. v. 9, ed. 2, p. 180-184, Abr. 2016.

JEONG, G. T.; PARK, D. H. Optimization of biodiesel production from castor oil using response surface methodology. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.156, ed. 1-3, p. 431–441, Mai. 2009.

LEITE, C. D.; MEIRA, A. L. **Biofertilizante enriquecido com mamona**. Fichas Agroecológicas – Tecnologias apropriadas para agricultura orgânica: Fertilidade do solo e nutrição de plantas, p.11, 2017.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Anuário Estatístico da Agroenergia – 2014**. ed.5, Brasília, 205 p., 2015a.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Usos de biodiesel no Brasil e no mundo**. ed.1, Brasília, 38 p., Jun. 2015b.

MENEZES, J. B. F.; BERNARDO, A. N. Biodiesel no Ceará: uma perspectiva desenvolvimentista e divulgatória. **Rev. Gestão Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n.1, p. 233-250, Abr./Set. 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional / Relatório Síntese - Ano Base 2015/2016**, 2017. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf> Acesso em: 18 de julho de 2017.

MOREIRA, V. R. R. **Propriedade fitossanitária das plantas**. Fichas Agroecológicas – Tecnologias apropriadas para agricultura orgânica: Sanidade vegetal, p.33, 2017.

MUBOFU, E. B. Castor oil as a potential renewable resource for the production of functional materials. **Sustainable Chemical Processes**, v. 4, n. 11, Jul. 2016.

NDIAYE, P. M.; FRANCESCHI, E.; OLIVEIRA, D.; DARIVA, C.; TAVARES, F. W.; OLIVEIRA, J. V. Phase behavior of soybean oil, castor oil and their fatty acid ethyl esters in carbon dioxide at high pressures. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 37, ed. 1, p. 29-37, Fev. 2006.

OGUNNIYI, D. S. Castor oil: A vital industrial raw material. **Bioresource Technology**, v. 97, ed. 9, p. 1086-1091, Jun. 2006.

OLIVEIRA, D. **Salvador sediará 3º Congresso Brasileiro de Mamona**. Mar.2008. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/noticias/2008/noticia_20080318.html>. Acesso em 27 de julho de 2017.

OROZCO, L. M.; ECHEVERRI, D. A.; SÁNCHEZ, L.; RIOS, L. A. Second-generation green diesel from castor oil: development of a new and efficient continuous-production process. **Chemical Engineering Journal**, v. 322, p. 149-156, Ago. 2017.

SEVERINO, L. S.; AULD, D. L.; BALDANZI, M.; CÂNDIDO, M. J. D.; CHEN, G.; CROSBY, W.; TAN, D.; ELE, X.; LAKSHMAMMA, P.; LAVANYA, C.; MACHADO, O. L. T.; MIELKE, T.; MILANI, M.; MILLER, T. D.; MORRIS, J. B.; MORSE, S. A.; NAVAS, A. A.; SOARES, D. J.; SOFIATTI, V.; WANG, M. L.; ZANOTTO, M. D.; ZIELER, H. A review on the challenges for increased production of castor. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 4, p. 853-880, Jul. 2012. Disponível em< <https://dl.sciencesocieties.org/>>. Acesso em: 28 de julho de 2017.

SCHENEIDER, R. de C. de S. **Extração, caracterização e transformação do óleo de rícino**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Química – Instituto de Química - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre/RS, 240 p., 2003.

SILVA, N. L. da; MACIEL, M. R. W; BATISTELLA, C. B.; FILHO, R. M. Optimization of biodiesel production from castor oil. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 130, ed. 1-3, p. 405-414, Mar 2006.

SLUSZZ, T.; MACHADO, J. A. D. **Características das potenciais culturas matérias-primas do biodiesel e sua adoção pela agricultura familiar**. Enc. Energ. Meio Rural, ano 6, 2006.

Recebido para publicação em: 01/12/2017

Aceito para publicação em: 04/12/2017

Edição Especial: II Seminário de Engenharia de Energia na Agricultura
Acta Iguazu, v. 6, n. 4, p. 01-12, 2017.