



PINHÃO MANSO: PRODUÇÃO DE BIOQUEROSENE PARA AVIAÇÃO

Amanda Fernandes Dantas de Abrantes¹, Kalyne Silva Brito¹, Liane Marques de Oliveira¹, Marta Célia Dantas Silva¹, Synara Bezerra Pereira¹

¹ Universidade Federal da Paraíba, Campus I, João Pessoa, PB, 58051-900, Brasil.

Amanda Fernandes Dantas de Abrantes (amanda.abrantes@cear.ufpb.br)

Kalyne Silva Brito (kalyne.brito@cear.ufpb.br)

Liane Marques de Oliveira (liane.oliveira@cear.ufpb.br)

Marta Célia Dantas Silva (marta.cds@cear.ufpb.br)

Synara Bezerra Pereira (synara.pereira@cear.ufpb.br)

RESUMO

A busca por meios de reduzir a emissão de gases do efeito estufa tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, o que motivou um grande interesse pelo uso de fontes de energia renováveis, particularmente os biocombustíveis. Devido a necessidade de combustíveis de alta densidade energética, o setor de aviação ganha destaque na procura por bioquerosene para aviação utilizando materiais menos poluentes. Através de revisão bibliográfica, este trabalho objetivou avaliar o óleo de pinhão manso como bioquerosene para aviação, devido ao seu alto teor de ácidos graxos, que se assemelha ao querosene convencional, e por não servir de alimento, sua utilização é destinada para fins energéticos. Nesse contexto, são apresentados os processos de obtenção do bioquerosene a partir do pinhão manso e uma análise comparativa das características físico-químicas do bioquerosene com o querosene para aviação derivado do petróleo. Confirma-se a viabilidade do uso desse biocombustível de aviação, pois se assemelha ao querosene convencional, com menos impactos ambientais atrelados ao seu uso, tendo como dificuldade o custo, por ser uma tecnologia nova e pouco utilizada, mas em crescimento devido a novos investimentos.

Palavras-chaves: Bioquerosene, Pinhão Manso, Aviação.



1. INTRODUÇÃO

Vivemos em um cenário onde a busca por meios de redução das emissões de gases de efeito estufa vem crescendo nos últimos anos. Discussões acerca de alternativas que desaceleram as mudanças climáticas, causadas pelo descumprimento de normas ambientais e uso desenfreado de recursos naturais, motivaram um grande interesse para fontes de energia renováveis, particularmente os biocombustíveis. Nesse aspecto, destaca-se o setor de aviação, visto que, devido à necessidade de combustíveis com alta densidade energética, o mesmo é dependente dos combustíveis fósseis (MORAES *et al.*, 2014).

A busca pela compatibilidade do crescimento de mercado junto a expansão de biocombustíveis baseado no desenvolvimento sustentável, econômico e social já é uma realidade para o Brasil, especialmente depois da criação da RenovaBio em 2016 pelo Ministério de Minas e Energia, que tem como um de seus objetivos reduzir o consumo de combustíveis fósseis no âmbito da aviação com o uso de biocombustíveis (RENOVABIO, 2017). Esse tipo de transporte cresce a cada ano 5%, mas é causador de 2% de emissões de CO₂ (BETIOLO; ROCHA; MACHADO, 2009). Além disso, os preços dos combustíveis fósseis estão mais inconstantes dia após dia, conseqüentemente, é necessária essa mudança gradativa de substituição dos mesmos para outros menos voláteis e menos poluentes (HARI, YAAKOB, BINITHA, 2015).

Em 2015 ocorreu em Paris a 21ª Conferência das Partes (COP-21), que alinhada com a Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO) aprovou o CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation), que obriga, a partir de 2020, toda empresa aérea a neutralizar ou compensar suas emissões de CO₂ (AGENTES, 2017). Em 2013, a Associação Internacional de Transporte Aéreo em acordo com a ICAO aprovou a resolução Implementação da Estratégia de Crescimento de Carbono-Neutro da Aviação, “que possui 3 ambições: (1) melhorar média anual da eficiência de combustível de 1,5% entre 2010 e 2020; (2) crescimento neutro de carbono; (3) reduzir de 50% as emissões líquidas até 2050 comparado com os níveis de 2005” (CORTEZ *et al.*, 2015).

Devido à grande extensão territorial brasileira e às boas condições climáticas, o mercado para combustíveis sustentáveis de aviação se mostra bastante promissor. As matérias-primas mais comumente cultivadas para a produção de biocombustíveis são a camelina, cana de açúcar, macaúba, pinhão manso, soja resíduos agrícolas e lixo urbano (CORTEZ *et al.*, 2015; AGENTES...



2017). Pela definição da Lei nº 12.490 de 16 de setembro de 2011, Art. 6º, XXXI, o bioquerosene é “substância derivada de biomassa renovável que pode ser usada em turborreatores e turbopropulsores aeronáuticos ou, conforme regulamento, em outro tipo de aplicação que possa substituir parcial ou totalmente o combustível de origem fóssil”. No presente trabalho, a partir dessas propriedades, analisamos o potencial energético e a viabilidade da utilização do pinhão manso como matéria-prima para a produção do bioquerosene para aviação no Brasil.

2. METODOLOGIA

Através do referencial teórico reportado na literatura específica, buscou-se estudar a viabilidade de bioquerosene para aviação produzido a partir do pinhão manso.

Partiu-se da premissa de que os óleos vegetais apresentam certas vantagens, pois, segundo Guerra e Fuchs (2010), tais óleos não emitem enxofre, são livres de metais pesados, podem ser produzidos em diversos climas, são seguros, rentáveis e biodegradáveis. Além disso, o óleo vegetal não é explosivo e nem inflamável, o que contribui na armazenagem por longo tempo. Ademais é necessário que o biocombustível para a aviação se assemelhe ao querosene mineral em relação às suas propriedades físico-químicas (HARTER; SANTOS; FABRIS, 2018). Com base nessas observações, buscou-se fazer um comparativo entre as características físico-químicas do biocombustível de pinhão manso e o querosene utilizado em aviões, para verificar se possuíam características similares permitindo o uso em *blends* ou a substituição completa do querosene.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Pinhão Manso

Estudos sobre o óleo de pinhão manso como biocombustível vêm sendo desenvolvidos (38-45% de teor de óleo) no âmbito da aviação (GUERRA; FUCHS, 2010). Em 2010, a companhia aérea TAM realizou o primeiro voo da América Latina com o bioquerosene de aviação do óleo de pinhão manso. Esse voo de teste, que sobrevoou por 45 minutos, utilizou na época nove toneladas do produto, sendo 50% de óleo de pinhão manso e 50% de querosene convencional. Tal fato permitiu uma redução de carbono de 65% a 80% em relação ao querosene. O então presidente da Associação Brasileira de Produtores de Pinhão Manso, Rafael Abud, afirmou que com 10% de óleo de pinhão



eles poderiam produzir o bioquerosene para todo o mercado de aviação no Brasil (TAM..., 2010; BUFFON, 2018).

O óleo do pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) é uma matéria-prima propícia para a obtenção de bioquerosene, pois possui alto teor de ácidos graxos que se assemelha ao querosene comercial em sua cadeia carbônica (entre 8 e 16 átomos de carbono) (RANUCCI, 2015). É uma das muitas oleaginosas cultivadas no Brasil, necessita de pouca água, alto teor de óleo, perene e pode ser plantada em solos pouco férteis (Teixeira, 2005). Esse óleo não pode servir de alimento humano e animal, por ser altamente tóxico e, portanto, sua produção é destinada para fins energéticos (RANUCCI *et al.*, 2018). O óleo do pinhão manso tem a característica de possuir ácido palmítico em sua composição. Por ser saturado ajuda com a exibição de uma melhor fluidez e limpeza do óleo devido a menor viscosidade provocada pelo mesmo.

Dentre os diferentes processos de obtenção do bioquerosene, tem-se a transesterificação seguida da destilação. A destilação é necessária especialmente no caso do bioquerosene devido a necessidade de purificar e fracionar os componentes mais leves para que as características se assemelhem ao querosene fóssil, de acordo com as especificações para uso aeronáutico. Um método proposto por Baroutien *et al.* (2013) fundamenta-se em uma mistura de JET A1 (querosene de aviação de origem fóssil amplamente usado na aviação brasileira), ésteres metílicos de pinhão manso e óleos residuais obtidos por transesterificação. Esta última efetuada na presença do catalisador alcalino metanol (99,8%) e hidróxido de sódio (>99,9%). As propriedades físico-químicas resultantes desse processo com combustível com 10% e 20% de éster metílico são comparáveis às dos combustíveis de aviação, tal como o ponto de fluidez, a viscosidade, a densidade, teor de água, entre outros (RANUCCI *et al.*, 2018).

Kibuge, Kariuki e Njue (2015) realizaram experimentos para caracterizar as propriedades físico-químicas do biocombustível produzido por *Ximenia americana L.* comparando os valores com o produzido a partir do pinhão-manso (*Jatropha curcas L.*) que posteriormente foram comparadas com as propriedades do querosene. Os resultados obtidos podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização do óleo de semente de ameixa azeda e outros óleos.



Fuel property	Kerosene	<i>Jatropha curcas</i> seed oil	Sour plum seed oil	Units
Density	0.78	0.914	0.974	g/cm ³ at 15 °C
Viscosity	2.0	46.82	204.95	mm ² /s at 27 °C
Calorific value	43.1	39.63	42.61	kJ/Kg
Pour point	-6	8	10	°C
Flash point	38	235	230	°C
Carbon residue	0.01	0.38	6.06	% mass
Sulphur content	0.01	0.13	0	% mass
Acid value	0.02	4.24	3.4	mgKOH/g
Ash content	0.05	0.15	0.006	% mass

Fonte: Kibuge, Kariuki, Njue , 2015

As diferenças entre poder calorífico, teor de enxofre e resíduos de carbono do querosene e do combustível de pinhão-mansão são consideradas insignificantes. Isso significa que essas propriedades têm pouca influência em parâmetros de queima do óleo quando comparado ao querosene. Os altos pontos de fulgor obtidos indicam que é necessário fornecer mais energia para que a combustão se inicie (KIBUGE; KARIUKI; NJUE, 2015).

A estrutura química do óleo tem influência direta no comportamento do combustível, ou seja, influencia no valor de propriedades como: poder calorífico, viscosidade e o ponto de fulgor. Quanto maior o número de insaturações maior seria o número de cetano (indica a qualidade da combustão), enquanto um valor maior de ligações duplas torna a molécula mais instável, além de formar hidroperóxidos no biocombustível (PORTELA, 2011; RANUCCI, 2015; KIBUGE; KARIUKI; NJUE, 2015).

Ranucci (2015) realizou a análise cromatográfica do óleo de pinhão manso e obteve como resultados que os ácidos graxos com maiores quantidades são insaturados, encontrando o maior valor para o ácido oléico (36, 32%) e o linoléico (41,02%). Ao fazer a identificação estrutural e da composição da amostra de pinhão-manso através da cromatografia gasosa após a destilação da mesma, obteve-se maior percentual para o ácido palmítico (31,8%), enquanto o percentual do oléico e linoléico foram reduzidos para 28,9% e 33,5% respectivamente, sendo assim os novos valores obtidos se mostram mais adequados para misturas com o querosene de aviação fóssil.

A variação da viscosidade do combustível é diretamente proporcional ao tamanho da cadeia carbônica e/ou o número de insaturações, enquanto o poder calorífico varia com o número de átomos de carbono existentes na composição, pois haveria maior disponibilidade destes para o processo de combustão (PONTES *et al.*, 2010; NASCIMENTO *et al.*, 2014). Sendo assim, o pinhão manso apresentará uma viscosidade elevada bem como seu poder calorífico (como pode ser observado na tabela 2), pois possui em sua composição 65% de ácidos graxos insaturados, sendo



predominante o ácido graxo linoléico que contém 18 átomos de carbono, cuja viscosidade observada foi de 3,876 mm²/s. O valor da viscosidade com relação as misturas estão de acordo com as especificações de qualidade do querosene (RANUCCI, 2015).

Tabela 2: Viscosidade cinemática das misturas de bioquerosene (BQ) com o querosene de aviação fóssil.

	Viscosidade Cinemática a - 20 °C (mm ² .s ⁻¹)				Viscosidade Cinemática a 40 °C (mm ² .s ⁻¹)	
	BQ-0 / Q-100	BQ-5 / Q-95	BQ-10 / Q-90	BQ-20 / Q-80	BQ-100 / Q-0	Fração de Fundo
Pinhão manso	3,42	3,70	4,01	4,30	3,88	3,92
Babaçu	3,42	3,65	3,87	4,28	3,81	4,06
Palmiste	3,42	3,61	3,78	4,16	3,50	3,85

Fonte: Ranucci, 2015

O poder calorífico superior obtido para o pinhão-manso foi de 38,845 MJ/kg e com relação as misturas de até 10% com querosene foi atendido o pré-requisito mínimo estabelecido pela Norma ANP N^o 38 de 42,8 MJ/kg, acima dessa porcentagem o valor do poder calorífico não atende o valor estabelecido. Enquanto isso, com relação a massa específica misturas com até 20% estão de acordo com a Norma estabelecida, que estabelece uma faixa de 771,3 – 836 kg/m³ (RANUCCI, 2015).

Análises feitas para determinar o ponto de fulgor (propriedade ligada a inflamabilidade do combustível) obtiveram maiores valores quando comparados com o querosene (valores variaram entre 47 e 48°C), o que se torna uma vantagem com relação a estocagem e transporte, pois diminui o risco de incêndios (RANUCCI, 2015).

Houve diferença entre os valores obtidos para o ponto de fulgor encontrado por Ranucci (2015) e por Kibuge, Kariuki, Njue (2015) isso deve ao fato de que os métodos de análise utilizados por ambos foram diferentes.

4. CONCLUSÕES

O óleo de pinhão-manso apresentou um elevado potencial energético, indicando que pode ser utilizado como matéria-prima para bioquerosene. Além disso, através da análise estrutural do mesmo, obteve-se maior quantidade de compostos com o número de carbonos entre 8 e 16 que é similar ao querosene. As misturas de bioquerosene e querosene comercial com percentual de até 10% em volume tem propriedades similares ao do querosene comercial, permitindo o uso de *blends* para reduzir o consumo do combustível fóssil (RANUCCI, 2015).



Em relação ao custo, as empresas aéreas só estarão dispostas a utilizar os biocombustíveis caso haja uma compensação financeira. Atualmente, os biocombustíveis disponíveis para aviação são caros, e as estimativas para o custo da sua produção sugerem que as companhias aéreas gastariam o dobro do que gastam com o querosene convencional. Porém, espera-se que, com a maior oferta e maior utilização em operação, devido à escala, seus preços sejam reduzidos. Com isso, políticas de apoio são fundamentais para impulsionar a indústria de biocombustíveis, atrair investimentos, acelerar o crescimento da indústria e fornecer benefícios no longo prazo da economia. (VELÁZQUEZ; KUBOTANI; VELÁZQUEZ, 2012). Se empresas multinacionais de bioenergia se instalarem no Brasil e investirem no desenvolvimento de tecnologias para a produção de bioquerosene para aviação, como a empresa nacional JETBIO, que tem parceria com a multinacional SG Biofuels para o desenvolvimento de bioquerosene a partir do pinhão manso (BUFFON, 2018) modificará a questão de alto custo para produção do bioquerosene.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENTES DA CADEIA AERONÁUTICA DO BRASIL. Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAFs) Bioquerosene, 2017.

BAROUTIEN, Saeid; AROUA, Mohamed K.; RAMAN, Abdul Aziz Abdul; SHAFIE, Azzahra; ISMAIL, Raja Adeliza; HAMDAN, Hartini. Blended aviation biofuel from esterified *Jatropha curcas* and waste vegetable oils. **Journal of Taiwan Institute of Chemical Engineers**. V. 44, p. 911-916, nov. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2013.02.007>. Acesso em: 29 abr. 2019

BETIOLO, Camila R.; ROCHA, Guilherme C.; MACHADO, PR de C. Iniciativas da aviação para redução das emissões de CO₂. **SIMPÓSIO DE TRANSPORTE AÉREO**, São Paulo, v. 8, n. 2009, p. 401-409, 2009.

BRASIL. **Lei nº 12.490, de 16 de Setembro de 2011, Art. 6º, XXXI**. Presidência da República, Casa Civil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12490.htm. Acesso em: 01 mai. 2019.

BUFFON, Edervaldo; **Desenvolvimento de sensor eletroquímico baseado em polímero molecularmente impresso para determinação de hexahidrofarnesol em bioquerosene de aviação**. Universidade Estadual Paulista. Dissertação (programa de mestrado em química), Araraquara-SP, 2018.

CORTEZ, L. A. B.; NIGRO, F. E; B.; NOGUEIRA, L. A. H.; NASSAR, A. M.; MORAES, M. A. F. D.; LEAL, R. L. V.; FRANCO, T. T.; SCHUCHARDT, U. F.; JUNIOR, R. B. Perspectives for Sustainable Aviation Biofuels in Brazil. **International Journal of Aerospace Engineering**, nov. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/264898/>. Acesso em: 18 abr. 2019.

GUERRA, Edson Perez; FUCHS, Werner. Biocombustível renovável: uso de óleo vegetal em motores. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, ISSN 2596-2868 v. 8, n. 1, p. 103-112, 2010. Disponível em: <https://periódicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/10562>. Aceso em: 01 maio 2019



HARI, Thushara Kandaramath; YAAKOB, Zahira; BINITHA, Narayanan N. Aviation biofuel from renewable resources: routes, opportunities and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 42, p. 1234-1244, 2015. <https://ukm.pure.elsevier.com/en/publications/aviation-biofuel-from-renewable-resources-routes-opportunities-an>. Acesso em: 01 maio 2019

HARTER, Luiz Vitor Leonardi; SANTOS, Douglas Queiroz; FABRIS, José Domingos. Destilação Atmosférica do Biodiesel derivado do óleo de macaúba ou do palmiste para obtenção da fração de ésteres leves para uso como combustível de aviação. **Química Nova**. Minas Gerais, dez. 2018. Disponível em <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170320>. Acesso em: 24 abr. 2019.

KIBUGE, R. M.; KARIUKI, S. T.; NJUE, M. R. Influence of fuel properties on the burning characteristics of sour plum (*Ximenia americana* L.) seed oil compared with *Jatropha curcas* L. seed oil. **Renewable Energy**. V. 78, 2015, p. 128-131. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.12.030>. Acesso em: 30 abr. 2019.

MORAES, Márcia A.F.D.; NASSAR, André M.; MOURA, Paula; LEAL, Rodrigo L.V.; CORTEZ, L.A.B. Jet biofuels in Brazil: Sustainability challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. V. 40, dez. 2014, p. 716-726. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.210>. Acesso em: 17 abr. 2019.

NASCIMENTO, D. R.; NETO, O. S.; CONCEIÇÃO, L. R. v.; COSTA, C. E. F.; ROCHA FILHO, G. N.; ZAMIAN, J. R. Determinação de resíduo de carbono em misturas de diesel/biodiesel. *Revista Virtual de Química*, v. 6, 2014. Disponível em: <http://www.uff.br/RVQ/index.php/rvq/article/viewArticle/532>. Acesso em: 30 abr. 2019.

PONTES, A. S. G. C.; SANTOS, I. M. G.; CARVALHO FILHO, J. R.; SOUSA, A. G. **Influência da temperatura nas propriedades das blendas diesel/biodiesel de óleo de peixe**. In: IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas. P. 122-127. João Pessoa, 2010.

PORTELA, Flaysner Magayver. **Efeito da catálise ácida e alcalina na produção e propriedades físico-químicas do biodiesel metílico de pinhão-manso**, Universidade Federal de Uberlândia. Dissertação (programa de pós-graduação em química), sistemas de bibliotecas, 2011.

RANUCCI, C. R. **Resultados e Discussões**. In: _____. Transesterificação seguida de destilação para a obtenção de bioquerosene de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), babaçu (*Orbignya phalerata*) e palmiste (*Elaeis guineensis*). Toledo, PR, 2015. P. 40-65.

RANUCCI, Carolline Rodrigues; ALVES, Helton José; MONTEIRO, Marcos Roberto; KUGELMEIER, Cristie Luis; BARICCATI, Reinaldo Aparecido; OLIVEIRA, Clayton Rodrigues; SILVA, Edson Antônio. Potencial alternative aviation fuel from *Jatropha curcas* L., babassu (*Orbignya phalerata*) and palm kernel (*Elaeis guineensis*) as blends with Jet-A1 kerosene. **Journal of Cleaner Production**. V. 185, jun. 2018, p. 860-869. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.084>. Acesso em: 30 abr. 2019.

RENOVABIO, próximos passos. **Ubrabio** São Paulo, 26 de junho 2017. Disponível em: <https://ubrablo.com.br/renovabio/> Acesso em: 17 abr. 2109

TAM faz primeiro voo usando biocombustível de pinhão manso. **O Globo**, São Paulo, 22 nov. 2010. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/tam-faz-primeiro-voo-usando-biocombustivel-de-pinhao-manso-2922780>. Acesso em: 30 abr. 2019.

TEIXEIRA, L. C. Potencialidades de Oleaginosas para produção de biodiesel. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n.229, p. 18-27, 2005.

VELÁZQUEZ, Ramón Stortini González; KUBOTANI, Rafael Toshimi; VELÁZQUEZ, Sílvia Maria Stortini González. Novos Combustíveis para a Aviação—Um Estudo de Caso. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, Universidade Presbiteriana Mackenzie, v. 12, n. 1, p. 77-93, 2012.