

# CARACTERIZAÇÃO DAS PALMEIRAS LICURI E BABAÇU COMO POTENCIAIS BIOMASSAS PARA PRODUÇÃO DE BIOQUEROSENE DE AVIAÇÃO

Jhudson Guilherme Leandro de Araujo <sup>1</sup>

Maria do Socorro Bezerra da Silva <sup>2</sup>

Lívia Nunes Cavalcanti <sup>3</sup>

Amanda Duarte Gondim <sup>4</sup>

## RESUMO

Os impactos ambientais gerados pela emissão de gases do efeito estufa (GEE) tem despertado a atenção de governos e setores de transporte por todo o mundo. O comércio de aviação, por exemplo, foi responsável pela emissão de mais de 914 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> em 2019 e tem somado esforços para diminuição das pegadas de carbono à medida que as demandas de combustíveis aumentam. Dentre as possíveis soluções, a substituição dos refinados fósseis por combustíveis renováveis *drop-in* tem sido um aliado, mas que ainda esbarra em problemas como a disponibilidade de biomassas compatíveis e economicamente viáveis. No Brasil, a aprovação do programa Combustíveis do Futuro irá promover o desenvolvimento e integração desses biocombustíveis à matriz energética nacional, que deverá selecionar biomassas locais para sua produção. Neste contexto, os óleos obtidos dos frutos de algumas palmeiras apresentam perfis de ácidos graxos adequados e atendem aos critérios para essa finalidade. Nesta revisão, caracterizamos as palmeiras licuri e babaçu como potenciais biomassas para produção de BioQav no Nordeste brasileiro em consonância com a ampliação da participação desta região na produção nacional de biocombustíveis.

**Palavras-chave:** Biomassa, Licuri, Babaçu, Bioquerosene, Nordeste.

## INTRODUÇÃO

As emissões de CO<sub>2</sub> pelo setor de aviação em 2019 chegaram a 914 milhões de toneladas, representando cerca de 2,1% das emissões globais e com a previsão de atingir os 3,1 bilhões de toneladas até 2050 (ATAG, 2019; IEA, 2019).

---

<sup>1</sup> Mestrando do Curso de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, [jhudsonaraujo@hotmail.com](mailto:jhudsonaraujo@hotmail.com);

<sup>2</sup> Mestranda do Curso de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, [m.socorro@s@hotmail.com](mailto:m.socorro@s@hotmail.com);

<sup>3</sup> Doutora pelo Curso de Química Orgânica pela Universidade da Pensilvânia – UPENN – EUA, [liviacavalcanti81@gmail.com](mailto:liviacavalcanti81@gmail.com);

<sup>4</sup> Doutora pelo Curso de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, [amandagondim.ufrn@gmail.com](mailto:amandagondim.ufrn@gmail.com).

Em busca de atenuar os impactos ambientais causados pelos gases do efeito estufa (GEE), a indústria de aviação comercial em todo o mundo tem unido esforços junto aos governos de vários países para mitigar as emissões de carbono. A Comissão Europeia, por exemplo, deu início a primeira plataforma para regular e comoditizar as emissões de carbono em 2012 com a criação do Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU-ETS) (CHAO; BUYUNG; DELAURENTIS, 2019). Já o Brasil, assumiu o compromisso de reduzir suas emissões em 43% até 2030 com base nas emissões de 2005 (PAN, X. *et al*, 2017). Para atender a este acordo, em 2016 foi criada a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) com o objetivo de promover a expansão e diversificação da matriz energética nacional com novos biocombustíveis subsidiados pelo mercado de créditos de carbonos precificando a contribuição de cada agente nas metas de redução (BRASIL, 2017).

Conforme estabelecido pela International Air Transport Association (2019), a indústria da aviação deve buscar uma solução eficaz para garantir o seu crescimento de forma sustentável e neutro em carbono a partir 2020 (CORTEZ *et al.*, 2015). Neste sentido, a utilização de combustíveis de origem renovável pode ser a principal solução para mitigação de CO<sub>2</sub>, pois desta forma não há a necessidade de mudanças significativas na logística e infraestrutura de aeroportos para o seu uso (ELLER; VARGA; HANCSÓK, 2019).

Alguns biocombustíveis como o etanol e o biodiesel são opções convencionais já amplamente produzidos e vendidos para o setor de transportes. No entanto, eles são quimicamente distintos dos derivados de petróleo e, por isso, não podem substituí-los completamente (FORD *et al.*, 2013). Seu principal limitante é a estrutura oxigenada que pode levar a problemas de estabilidade, menor valor de aquecimento e o entupimento dos filtros e linhas de combustíveis quando comparado aos de origem fóssil (XU; JIANG; ZHAO, 2016; ZULETA *et al.*, 2012).

Para contornar esses problemas, a indústria de transportes aéreos tem desenvolvido os chamados biocombustíveis *drop-in* considerando o atendimento de requisitos específicos de segurança operacional. Com características de desempenho equivalentes aos hidrocarbonetos tradicionais, são virtualmente livres de enxofre e aromáticos, podem utilizar o mesmo sistema de logística e ser aplicado em motores de jato sem quaisquer modificações prévias (CORTEZ *et al.* 2015; PATTANAİK; MISTA, 2017). Porém, algumas dificuldades com o aumento de escala produtiva, vias de refino e disponibilidade de matérias-primas adequadas surgem como desafios a serem superados (CORTEZ *et al.*, 2015).

A esse respeito, o Brasil ocupa uma posição privilegiada devido à abundância de terras, espécies oleaginosas, boas condições climáticas e investimentos de longo prazo em pesquisa

agrícola (CORTEZ *et al.*, 2015). Óleos obtidos dos frutos de palmeiras como a *Syagrus Coronata* (licuri) e *Attalea spp* (babaçu), por exemplo, são biomassas prontamente disponíveis e mostram-se apropriadas para produção de biojet por meio métodos como o hidrocessamento (HEFA), pirólise termocatalítica ou hidrotreatamento de óleo vegetal (HVO).

Aliado a isso, com a recente aprovação do programa Combustíveis do Futuro<sup>5</sup> a introdução do bioquerosene de aviação na matriz de transportes será contemplada e, assim como o biodiesel, deve se tornar um biocombustível com perspectiva de expansão para as diferentes regiões do país nos próximos anos (MAPA, 2019). Oleaginosas como o licuri e o babaçu, mostram-se, portanto, como potenciais biomassas para implementação e expansão desse programa no Nordeste, pois o adensamento populacional dessas espécies está concentrado nessa região.

Nessa perspectiva, esta revisão tem como objetivos caracterizar as palmeiras *Syagrus Coronata* (licuri), *Attalea e Orbignya* (babaçu) e discutir suas potencialidades enquanto matérias-primas para produção de biocombustíveis de aviação *drop-in*.

Para sua escrita, foram consultadas referências bibliográficas obtidas por pesquisas na base de dados Scifinder, livros, portais de divulgação de estatísticas brasileiros e internacionais, documentos de divulgações oficiais de órgãos e do governo do Brasil, repositórios universitários e cartilhas institucionais.

## LICURI

O licuri (*Syagrus Coronata*) é uma espécie de palmeira perene que pertence à família das Arecaceae, e é conhecido também por outros nomes, como ouricuri, aricuri, dicori, licurizeiro e coqueiro cabeçudo (DRUMOND, 2007).

Endemicamente brasileiro, tem preferência por regiões semiáridas de clima seco, adentrando zonas de transição de vegetações como a Restinga e o Cerrado (AROUCHA; AROUCHA, 2013). É naturalmente encontrado do norte de Minas Gerais às porções oriental e central da Bahia, indo até o sul de Pernambuco, incluindo os estados de Sergipe e Alagoas, desde o litoral até as zonas mais secas (NOBLICK, 1986; SOARES, 2020). Embora não documentado, há relatos da existência de licurizeiro também nos estados do Ceará e da Paraíba, demonstrando sua adaptabilidade às condições edafoclimáticas do nordeste brasileiro.

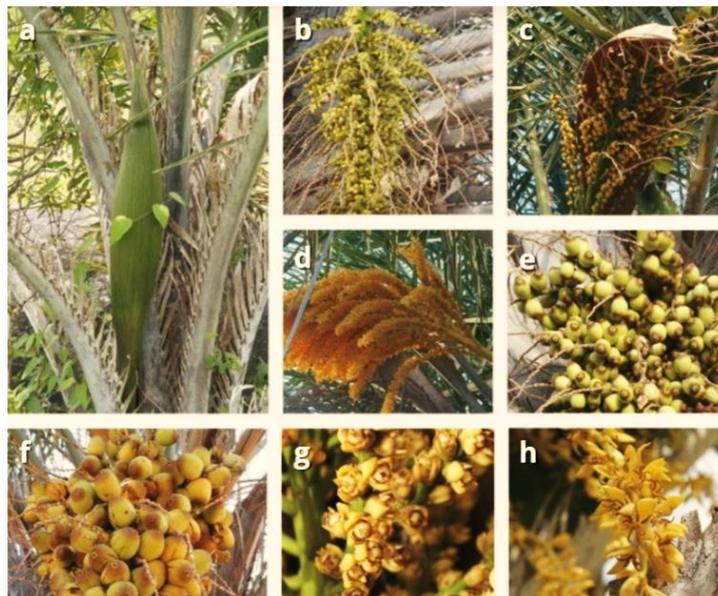
---

<sup>5</sup> Disponível em: <<https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2021/abril/aprovada-a-criacao-do-programa-combustivel-do-futuro>>

Pode desenvolver-se em solos férteis e profundos de boa qualidade, ou mesmo em solos pedregosos e em área de afloramentos rochosos, porém não é adaptado a solos encharcados ou permanentemente úmidos. Em contrapartida, é capaz de florescer e frutificar durante longos períodos de seca (DRUMOND, 2007) com um cultivo econômico e versátil, que possibilita sua exploração em diferentes regiões do país.

O liculizeiro (Figura 1) apresenta um porte mediano de 8 a 12 metros de altura e 25 centímetros de circunferência à altura do peito (CAP). Suas folhas com aproximadamente 3 metros de comprimento são pinadas e de pecíolo longo com bainha invaginante. Estão arrançadas em vários planos com folíolos de coloração verde-escura que se distribuem em cinco fileiras e se organizam em uma sequência de espiral ao longo do estipe (LORENZI, 1992; MANSO, 2009), formando uma coroa foliar no ápice, que dá origem ao epíteto Coronata em seu nome (CREPALDI; OLIVEIRA, 2012).

**Figura 1** - Aspectos fenológicos e morfológicos floral do licuri: a) buza; b) botões florais imaturos (fechados); c) flores femininas; d) masculinas em antese (abertura floral); e) frutos imaturos (verdes); f) frutos maduros; g) flores pistiladas (femininas); h) flores estaminadas (masculinas).



Fonte: Carvalho; Ferreira; Alves, (2016).

Sua inflorescência é do tipo interfoliar muito ramificada, protegida por uma bráctea (espata) lenhosa de até 1 metro de comprimento com grande quantidade de flores amarelas. As flores masculinas são longas e coriáceas com seis estames, e as flores femininas apresentam-se mais curtas com ovário súpero (JOLLY, 1985 apud NOBLICK, 1986). Ambas são pequenas e reunidas em cachos, que surgem predominantemente de maio a agosto (DRUMOND, 2007).

A primeira infrutescência do licuri tem início após seis anos do plantio (AROUCHA; AROUCHA, 2013) e deve ocorrer ao longo de todo o ano junto a inflorescência, embora não haja um consenso acerca do seu período de safra. A assincronia de frutificação é uma característica dessas palmeiras (GALETTI, 1996 apud DONNATI, 2004), que sob planejamento estratégico pode garantir uma safra perene em alguns intervalos de períodos como os descritos pela literatura.

Segundo Bondar (1988 apud NOBLICK 1986), os meses de março, junho e julho apresentam as maiores frutificação. Lorenzi (1992) apontou que as colheitas podem ocorrer com maior intensidade entre outubro e dezembro. Porém, Aroucha e Aroucha (2013) reportaram que a produção dos coquinhos de licuri ocorre durante todo o ano e varia conforme sua idade, qualidade do solo, regiões e estações climáticas.

Os frutos produzidos pelo liculizeiro podem levar de dois a três meses para amadurecer (PEREIRA, 2006; CREPALDI; OLIVEIRA, 2012) e segundo Crepaldi *et al.* (2001) são formados por uma drupa que recobre o endocarpo abundante em endosperma ovoide e carnosos, que quando seco, apresenta endoderme oleaginosa. Com comprimento e diâmetro médios de 2,0 e 1,4 cm respectivamente, estão dispostos em forma de cachos repetidos que carregam em média 1.357 frutos. Antes da maturação, o endosperma encontra-se líquido e se torna sólido ao longo do amadurecimento dando origem a uma amêndoa rica em lipídeos. Quando já maduros, os frutos apresentam uma coloração que varia do amarelo-claro ao laranja. (BONDAR, 1938 apud CREPALDI, 2001). Apesar da expressiva queda de produtividade reportada nos últimos anos, sua farta ocorrência na Bahia fez desta região seu principal polo extrativo concentrando mais de 90% da produção nacional (IBGE, 2021).

**Figura 2** - Fruto do licuri e seus constituintes



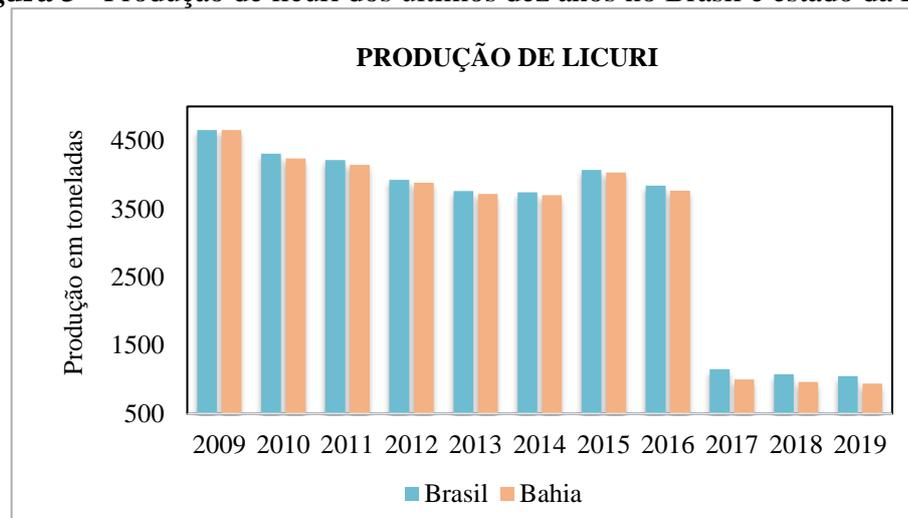
Fonte: extraído e adaptado de portal online<sup>6</sup>

Os estudos realizados pelo Econômico da Bahia (CPE, 1961; apud MANSO, 2009) destacaram que o adensamento médio do licuri no estado era de 200 espécimes por hectare

<sup>6</sup> Disponível em: <https://licuribrasil.16mb.com/index.php?route=common/home>. Acesso em: 21 de abr. 2021

distribuídas em bosques espontâneos, e que havia uma grande variação de densidade populacional nas áreas de ocorrência. A zona do Senhor do Bonfim, por exemplo, possuía um adensamento de licurizeiros que poderia chegar a 4.600 palmeiras por hectare. Araújo *et al.* (2019) apresentaram essa palmeira como uma biomassa de alta potencialidade para o desenvolvimento regional, destacando a exigência de poucos recursos para seu manejo e com uma produção em torno de 99 milhões de toneladas de óleo extraído de sua amêndoa por ano.

**Figura 3 - Produção de licuri dos últimos dez anos no Brasil e estado da Bahia**



Fonte: IBGE (2021)

Embora seja uma espécie natural da Caatinga e de algumas áreas do Cerrado, sua produtividade varia com o índice pluviométrico e de acordo com a presença de outras plantas nativas. Anualmente, o licuri chega a produzir cerca de 2000 kg/ha de frutos, considerando uma densidade de 20 a 40 licurizeiros adultos e produtivos cultivados em áreas de bons solos, vegetação pouco degradada e condições medianas de chuvas. Porém, essa produção pode dobrar facilmente adotando-se boas práticas de manejo como a limpeza regular dos licurizeiros, coleta racional das folhas e dos cocos, cuidados com o solo e prevenção de queimadas (AROUCHA; AROUCHA, 2013), alcançando um potencial extrativo equiparável ao de importantes oleaginosas do cenário nacional de biocombustíveis.

A média de produção de grãos de soja, por exemplo, é de 2.800 kg/ha. Enquanto que o algodão, segunda oleaginosa mais utilizada para produção de biodiesel, produz apenas 1.900 kg/ha de sementes MAPA (2015). Além disso, o teor de óleo obtido pelas amêndoas do licuri pode chegar quase ao dobro do que é produzido a partir dos grãos de soja, demonstrando sua potencialidade como biomassa líquida para produção de biocombustíveis no Brasil.

De La Salles *et al.* (2010) reportaram um elevado teor de óleo de licuri ao obter 39% em peso (m/m) pela extração de suas amêndoas. No entanto, Iha *et al.* (2014) em um relatório posterior alcançaram um rendimento ainda mais satisfatório de 50% (m/m). Os autores propuseram que a discordância entre os resultados deste estudo em relação ao anterior pode estar relacionada aos graus de maturação e as condições de armazenamento dos frutos. Segundo os dados de caracterização, o óleo obtido é rico em ácidos graxos saturados, principalmente o láurico (C12:0) e mirístico (C14:0), que juntos, tipicamente correspondem a mais de 50% de sua composição (Tabela 1). Os ácidos saturados caprílico, cáprico, palmítico e esteárico; e os ácidos insaturados, linoleico e oleico, compõe o restante do óleo com uma distribuição de aproximadamente 85% de ácidos graxos saturados para 15% de insaturados.

**Tabela 1** - composição média de ácidos graxos do óleo de licuri

Ácido graxo		% <sup>a</sup>	% <sup>b</sup>	% <sup>c</sup>
ácido caprílico	(C8:0)	9.0	13.0	8,8
ácido cáprico	(C10:0)	6.0	8.0	6.0
ácido láurico	(C12:0)	42.0	48.0	36.0
ácido mirístico	(C14:0)	16.0	14.0	16.5
ácido palmítico	(C16:0)	8.0	5.0	8.9
ácido esteárico	(C18:0)	4.0	2.0	5.7
ácido oleico	(C18:1)	12.0	7.0	14.2
ácido linoleico	(C18:2)	3.0	3.0	3.9
cadeias saturadas	(%)	85	90	81.9
monoinsaturados	(%)	12	7	14.2
poli-insaturados	(%)	3	3	3.9

Fonte: adaptado de <sup>a</sup>De La Salles *et al.* (2010); <sup>b</sup>Iha *et al.* (2014); <sup>c</sup>Araújo *et al.* (2019)

Os substratos derivados de óleo vegetal ou animal com cadeias parafínicas entre C10 e C17 são indicados para produção de bioquerosene (ARAÚJO *et al.*, 2019). Além disso, o poder calorífico dessas biomassas tende a aumentar com o tamanho da cadeia e diminuir com relação ao seu nível de insaturação, pois a redução de hidrogênios causado pela formação de ligações duplas leva a combustíveis com valores de aquecimento mais baixos (METHA; ANAND, 2009). Desta forma, o elevado teor de ácidos graxos saturados C12-C16 tanto compatibiliza o óleo de licuri com os combustíveis de aviação, como o confere excelente conteúdo energético.

Algumas de suas propriedades físico-químicas foram reportadas recentemente e podem ser comparadas com as do óleo de soja (Tabela 2). Os índices de acidez e iodo, caracteristicamente baixos, demonstram a possibilidade de transesterificação em etapa única, e

uma alta estabilidade oxidativa que está associada a composição considerável de ácidos graxos saturados (SOUZA *et al.*, 2012). Além disso, tratamentos do tipo HEFA empregando óleo de licuri podem gastar menos hidrogênio em comparação ao óleo de soja, pois este último apresenta uma composição rica em ácidos graxos poli-insaturados (PAUL *et al.* 2017), que geralmente são hidrogenadas durante o processo de desoxigenação.

**Tabela 2** - Propriedades físico-químicas dos óleos de licuri e soja

Propriedades	OL <sup>a</sup>	MA	OS	MA
índice de acidez (mg KOH g <sup>-1</sup> )	0.72	AOCS Ca 5a-40	0.16 <sup>b</sup>	AOCS (Te 1a-64)
índice de iodo (g I <sub>2</sub> /100 g)	13.9	AOCS Cd 1-25	119 <sup>b</sup>	AOCS (Tg 1e64)
ponto de nuvem (°C)	12	ASTM D 7683	-9 <sup>c</sup>	ASTM D 2500
ponto de fluidez (°C)	9	ASTM D 6749	12 <sup>c</sup>	ASTM D 97
viscosidade cinemática (mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	26.8	ASTM D 445	32.6 <sup>c</sup>	ASTM D 445

OL: óleo de licuri; OS: óleo de soja; MA: método de análise

Fonte: adaptado de <sup>a</sup>Araújo *et al.* (2019); <sup>b</sup>Paul *et al.* (2017); <sup>c</sup>Changmai *et al.* (2020)

Essas características tornaram o óleo de licuri uma biomassa promissora para produção de combustíveis biojet quando aplicada em estudos termoquímicos. A desoxigenação catalítica do biodiesel obtido a partir dele, por exemplo, foi alcançada com conversão de 48,7% e seletividade para n-alcenos de 80,7% quando Pd/C a 5% foi utilizado como catalisador a 300 °C e 207 psi de pressão (ARAÚJO *et al.*, 2019).

Recentemente Oliveira *et al.* (2021) estudaram a pirólise do óleo de licuri a 500 °C aplicando um catalisador de zinco suportado em vermiculita (VZn). Quando o suporte catalítico foi impregnado com 1% de Zn (VZn1), 43,5% do óleo foi convertido em hidrocarbonetos, dos quais 53,5% estavam compreendidos na faixa de C11-C16, correspondente aos destilados de petróleo usados em motores a jato de aviação.

Embora o óleo de licuri tenha sido o objeto de estudo para produção de combustíveis renováveis, sua biomassa residual também pode ser destinada para diferentes aplicações. Por tratar-se de uma palmeira totalmente aproveitável, tem sido amplamente explorada desde os tempos coloniais (DRUMOND, 2007)

A cera extraída de suas folhas, por exemplo, é utilizada como matéria-prima para fabricação de papel carbono, produção de ceras, graxa e outros polidores para sapatos, móveis e pintura de automóveis (AROUCHA; AROUCHA, 2013).

A torta originada da extração do óleo pode ser comercializada como ração animal. Segundo GOMES (1977, apud DRUMOND, 2007), sua composição de substâncias não azotadas, proteínas, celulose e óleo residual, é nutritiva para as vacas leiteiras de bom padrão

racial, proporcionando, também, o desenvolvimento precoce de animais que delas se alimentam.

As folhas jovens do liculizeiro são utilizadas na fabricação de chapéus, cordas, esteiras, cestos, espanadores e abanadores. Enquanto que as mais maduras, são matéria-prima muito utilizada para cobertura de construções campestres, formação de paredes e portas. E o endocarpo do fruto, assim como as folhas, também podem ser utilizados para a fabricação de artesanato regional (CREPALDI *et al.*, 2001).

Além disso, o licurizeiro pode agregar valor à sua produção quando cultivado em consórcio com a apicultura, pois trata-se de uma palmeira melífera. Suas inflorescências são uma grande fonte de néctar para as abelhas nativas, que ao se alimentarem, elevam a polinização e consequente reprodução desta espécie naturalmente (PEREIRA, 2006).

## **BABAÇU**

O babaçu é o fruto obtido de um conjunto de palmeiras pertencente também à família *Arecaceae* de ocorrência em alguns países da América Latina, como Brasil, Bolívia e Colômbia (ANDERSON; BALICK, 1988; TEIXEIRA, 2008). As espécies pertencentes aos gêneros *Attalea* e *Orbignya* apresentam maior destaque no território brasileiro e, geralmente, são indistintamente conhecidas como babaçu (MMA, 2017; EMBRAPA, 1984). Algumas denominações populares também são atribuídas ao fruto, como coco-de-palmeira, coco-de-macaco, coco-naiá, baguaçuí, aguaçu, guaguaço, dentre outros (LORENZI, 1992).

No Brasil, as palmeiras do babaçu podem ser encontradas nas regiões Norte, Nordeste, Centro-oeste e Sudeste do país (EMBRAPA, 1984). Elas ocupam uma área territorial com cerca de 196 000 km<sup>2</sup> na região de transição entre o Cerrado, Amazônia e Caatinga (Mata dos Cocais), contemplando os Estados do Maranhão, Tocantins e Piauí (CARRAZZA; ÁVILA; SILVA, 2012). As regiões Norte e Nordeste apresentam espécies nativas do gênero *Orbignya*, enquanto é possível encontrar palmeiras do gênero *Attalea* em alguns estados do Nordeste e Centro-oeste do país. Devido a sua maior distribuição, variabilidade morfológica e importância econômica, a espécie *Orbignya phareolata* tem se destacado frente as demais (ALBIERO, 2007)

Por sua fácil adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, o babaçu se difundiu por vários estados do país. As suas palmeiras conseguem se estabelecer bem em regiões com ampla variação pluviométrica anual, mesmo com acentuado ou ligeiro déficit hídrico. Habitam climas que vão desde o semiárido tropical até o tropical úmido (EMBRAPA, 1984) e ambientes cujas condições são adversas, como áreas que sofreram desmatamento e queimadas. Enquanto essas

práticas eliminam os seus principais concorrentes vegetais, suas árvores apresentam grande resistência e elevada taxa de regeneração, o que contribui com sua expansão agressiva ao longo de extensas faixas territoriais, formando aglomerados conhecidos como “babaçuais” ou “regiões de cocais” (MAY, 1990 apud MAPA, 2012). Dados reportados indicam que sua densidade populacional média pode variar de 250 a 500 palmeiras por hectare em algumas regiões do país (MMA, 2017).

Os babaqueiros têm um ciclo de vida em torno de 35 anos e iniciam sua frutificação entre o sétimo e oitavo ano, alcançando a maturidade produtiva após 15 anos do plantio (BEZERRA, 1995). Essa palmeira exibe um porte altivo e exuberante, podendo atingir 20 metros de altura, com estipe (tronco) isolado, cujo diâmetro varia entre 30 e 40 cm. Suas folhas podem atingir de 4 a 8 metros de comprimento e crescem em direção ao céu de forma retilínea, voltando-se pouco no sentido do solo (Figura 4). Cada palmeira pode apresentar cerca de 4 a 6 espádices (cachos) que são sustentados através de um pedúnculo, cujo comprimento varia de 70 a 90 cm (LORENZI, 1992; CARVALHO, 2007).

**Figura 4** - Aspectos fenológicos e morfológicos do babaçu: a) coroa foliar; b) infrutescência; c) fruto aberto; d) babaçuais; e) inflorescência; f) coco do babaçu; g) estipe da palmeira



Fonte: extraído e adaptado de portais online<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Disponível em:

<https://poesiapoemasefrases.blogspot.com/2014/11/babacu-o-coco-forte-do-forte-norte.html>

<http://frutasnativasdaamazonia.blogspot.com/2013/01/palmeirababacu-fruteira-de-inumeras.html>

<https://www.origensbrasil.org.br/produto.php?qrqcode=9030>

<https://www.blogluaneamigos.com.br/2014/10/babacu-um-ouro-pouco-explorado.html?m=1>

<https://www.fapema.br/ferramenta-para-quebra-do-coco-babacu-esta-em-etapa-final-de-validacao/>

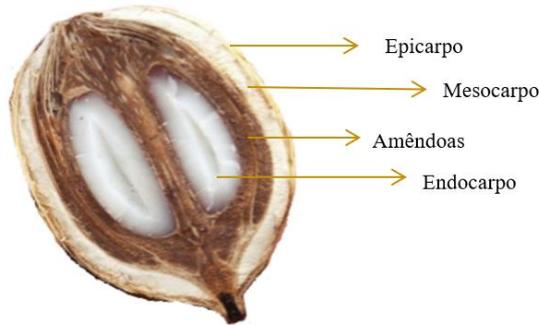
Acesso em: 20 de abr. 2021

As folhas do babaçu têm folíolos uniformemente espaçados, enquanto as flores são amarelas e formam ramos volumosos, que atraem as abelhas como seus principais polinizadores (MMA, 2017; NOBLICK, 2019). Uma mesma palmeira pode apresentar inflorescência fêmea ou andrógena, isto é, macho e fêmea, a qual produz os cachos com os frutos, enquanto os machos são responsáveis por sua geração e fecundação (LORENZI, 2010 apud CARRAZZA; ÁVILA; SILVA, 2012).

A respeito de sua frutificação, dependendo da região, a época e intensidade de safra pode variar bastante. Em geral, de janeiro a abril é observado o pico de floração da palmeira com a infrutescência ocorrendo entre o período seco e início do chuvoso, nos meses de junho a dezembro, no qual os frutos também tendem a amadurecer (LORENZI, 1992; MAPA, 2012). Porém, a produção de cocos está sujeita às condições do clima, solo, idade e densidade populacional de palmeiras (BRASIL, 2017). Cada um de seus cachos pode produzir em torno de 240 e 720 frutos, que apresentam aspecto lenhoso e polpa fibrosa farinácea. Os frutos podem medir de 5 a 15 cm de comprimento por 3 a 8 cm de diâmetro, chegando a pesar entre 90 e 240 g cada (LORENZI *et al.*, 1996; SILVA *et al.*, 2001; BRANDÃO *et al.*, 2002 apud SILVA, 2008).

O fruto do babaçu (Figura 4) é uma drupa de formato elipsoidal (oval alongado), com coloração marrom-ferrugínea, envolto externamente por uma parte fibrosa e rígida denominada epicarpo, que compõe cerca de 11% do coco (VIVACQUA FILHO, 1968; NOBLICK, 2019; TEIXEIRA, 2002). A fração secundária é o mesocarpo (com 0,5 a 1,0 cm), que apresenta caráter amiláceo e possui amido e tanino como principais constituintes, compondo 23% da sua massa total. Mais internamente, há o endocarpo (de 2 a 3 cm), que é constituído principalmente por sílica, fósforo, ferro, magnésio e metais alcalinos. Ele compõe cerca de 59% do coco e acomoda, em média, 2 a 8 amêndoas por fruto, cuja composição é dada por 7,25% de proteína, 66% de óleo, 18% de carboidratos e 7,8% de minerais (VIVACQUA FILHO, 1968; PARENTE, 2003 apud BELTRÃO; OLIVEIRA, 2007; TEIXEIRA, 2002). As amêndoas representam entre 6 e 7% do peso total do fruto e podem medir entre 2,5 e 6 cm de comprimento, com 1 a 2 cm de largura e, atualmente, são o principal produto de interesse do babaçu (BEZERRA, 1995; TEIXEIRA, 2002).

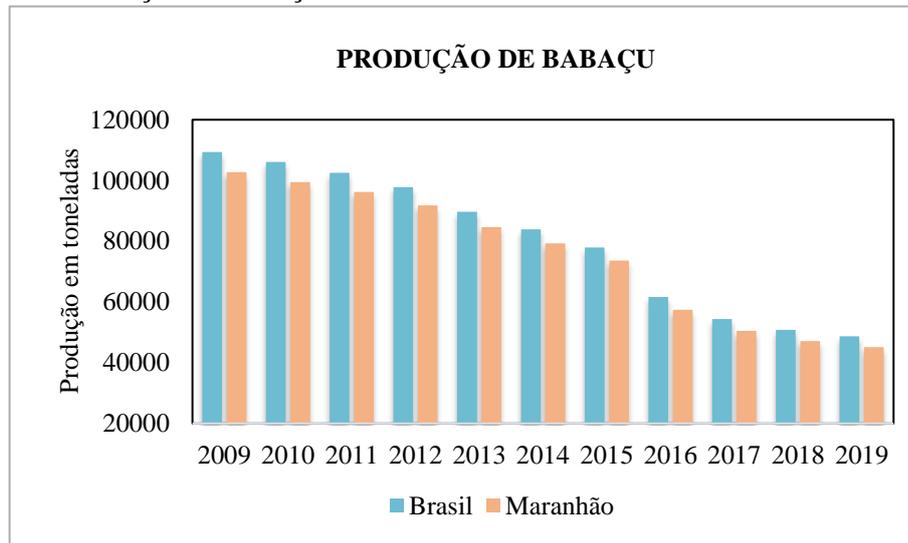
**Figura 5 – Fruto do babaçu e seus constituintes**



Fonte: adaptado de Carrazza, Ávila, Silva (2012)

De acordo com os dados reportados recentemente pelo IBGE (2021), embora essa palmeira habite em vários estados, a região Nordeste tem sido a responsável por cerca de 99% da produção de amêndoas de babaçu no Brasil. Em 2019, um total de 48.706 toneladas foram colhidas, das quais 92% foram obtidas no Maranhão, o que faz desse estado o polo extrativo nacional. No entanto, é importante destacar que a produção de amêndoas tem passado por reduções significativas nos últimos anos com uma queda de aproximadamente 55% se compararmos as 109 299 t produzidas em 2009 com a produção do último ano registrado (figura 5).

**Figura 6 - Produção de babaçu dos últimos dez anos no Brasil e estado do Maranhão**



Fonte: IBGE (2021)

Algumas das possíveis causas para diminuição de produtividade dos babaçus foram apontados por Biondi (2008). Dentre elas, estão a expansão das atividades pecuárias, cultivo da soja e o corte da madeira de segunda linha, que impulsionaram a derrubada massiva das palmeiras, reduzindo as áreas contempladas com espécies adultas e provocando a consequente

diminuição da produção de amêndoas. Mesmo apresentando grande resistência e potencial de regeneração em áreas desmatadas, é importante lembrar que seu ciclo produtivo tem início apenas por volta do oitavo ano de vida, implicando, assim, em uma redução de produtividade a longo prazo.

Normalmente, segundo estimativas de May (1990), a produtividade máxima dos babaçuais da região dos cocais pode atingir até 2,1 toneladas de fruto por hectare, considerando uma densidade de 141 a 160 palmeiras em diferentes faixas de idade. E, de acordo Frazão (2001), a produção média de cocos de babaçu é de 2400 kg/ha, dos quais 1780 kg (74%) correspondem ao endocarpo e epicarpo, 480 kg (20%) representam o mesocarpo e 140 kg (6%) são relativos às amêndoas, das quais se obtêm 91 litros de óleo (apud ALBIERO, 2007). Esse óleo caracteriza-se por ser rico em ácidos láurico (C12:0) e mirístico (C14:0), que apresenta excelentes características para produção de bioquerosene e, atualmente, destaca-se como o produto de maior interesse econômico desse fruto (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2007).

Na Tabela 3 é possível observar que os perfis de ácidos graxos dos óleos de diferentes espécies de babaçu encontrados em território brasileiro são muito semelhantes ao óleo de licuri em teor e composição de ácidos saturados.

**Tabela 3** - composição média de ácidos graxos dos óleos de diferentes espécies de babaçu

Ácido graxo	Composição (%)			
	<i>Attalea oleifera</i> <sup>a</sup>	<i>Orbignya phalerata</i> <sup>b</sup>	<i>Attalea speciosa</i> <sup>c</sup>	<i>Orbignya speciosa</i> <sup>d</sup>
ácido caprílico (C8:0)	4.9	8.57	6.21	9.13
ácido cáprico (C10:0)	5.9	7.42	5.78	7.89
ácido láurico (C12:0)	41.8	49.97	47.40	54.15
ácido mirístico (C14:0)	13.1	14.22	15.64	10.62
ácido palmítico (C16:0)	8.9	6.59	8.01	4.78
ácido esteárico (C18:0)	2.9	2.69	3.15	1.45
ácido oleico (C18:1)	19.4	8.98	11.28	6.10
ácido linoleico (C18:2)	3.1	1.52	1.85	0.92
cadeias saturadas (%)	77.5	89.49	86.42	91.38
monoinsaturados (%)	19.4	8.98	11.43	6.10
poli-insaturados (%)	3.1	1.52	2.15	0.92

Fonte: extraído e adaptado de <sup>a</sup>Lleras e Coradin (1988), <sup>b</sup>Serra *et al.* (2019), <sup>c</sup>Melo *et al.* (2019) e <sup>d</sup>Nobre *et al.* (2018)

Algumas de suas propriedades físico-químicas também foram reportadas recentemente e podem ser comparadas com as do óleo de soja na Tabela 4.

**Tabela 4 - Propriedades físico-químicas dos óleos de babaçu e soja**

Propriedades	OB <sup>a</sup>	MA	OS	MA
índice de acidez (mg KOH g <sup>-1</sup> )	0.7	AOCS Ca 5a-40	0.16 <sup>b</sup>	AOCS (Te 1a-64)
índice de iodo (g I <sub>2</sub> /100 g)	25	AOCS Cd 1-25	119 <sup>b</sup>	AOCS (Tg 1e64)
viscosidade cinemática (mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	29.5	ASTM D 445	32.6 <sup>c</sup>	ASTM D 445

OB: óleo de babaçu; OS: óleo de soja; MA: método de análise

Fonte: adaptado de <sup>a</sup>Carvalho *et al.* (2013); <sup>b</sup>Paul *et al.* (2017); <sup>c</sup>Changmai *et al.* (2020).

O escopo de trabalhos recentemente publicados direciona essa biomassa para produção de biodiesel (MOREIRA *et al.*, 2020; TEBAS *et al.*, 2020) e, infelizmente, as pesquisas aplicadas a sua conversão em hidrocarbonetos renováveis são escassas.

No entanto, em um estudo pioneiro, foi demonstrado que a pirolise térmica do óleo de babaçu seguida pela hidrogenação dos produtos obtidos poderia ser um método promissor. Alencar, Alvez e Craveiro (1983) ao aplicarem este protocolo em seu estudo com óleos tropicais alcançaram a conversão do óleo de babaçu em alcenos terminais e alcanos com rendimento em torno de 94% e seletividade para n-tridecano e n-undecano.

O hidrocrackeamento dessa biomassa foi um outro método também já reportado. Gusmão *et al.* (1989) demonstraram a conversão do óleo de babaçu com rendimento de 98% em uma mistura de alcanos, dos quais undecano e dodecano foram produzidos majoritariamente quando Ni-Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sulfurada foi utilizado como catalisador sob pressão parcial de 200 bar de H<sub>2</sub> e 360 °C de temperatura. Posteriormente, um protocolo similar aplicou o Ni-Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sulfurado in situ a partir de enxofre elementar para obter 76,8% de alcanos, sob pressão de 25 MPa de H<sub>2</sub>, a 450 °C. Os hidrocarbonetos saturados de C11-C14 foram apontados como produtos majoritários (FILHO; BRODZKI; DJÉGA-MARIADASSOU, 1993).

Em estudos mais recentes, Ranucci *et al.* (2018) produziram um combustível de aviação alternativo a partir dos óleos de babaçu, mamona e palmiste. Foi realizada a transesterificação, em seguida as frações leves dos ésteres metílicos foram separadas por destilação fracionada e o produto obtido foi utilizado em misturas com o querosene fóssil comercial (Jet-A1) nas proporções de 5, 10 e 20% (v/v). A qualidade dessas blendas foi avaliada com base nas normas ABNT e ASTM e verificou-se que os parâmetros analisados para as misturas de até 10% obedeceram às especificações, atestando a compatibilidade química das cadeias parafínicas dessas biomassas com os destilados de petróleo.

Em consenso com os bons resultados reportados pela literatura, o babaçu já é considerado uma biomassa em potencial para produção de bioquerosene no Brasil (EPE, 2019). A Boeing 747, inclusive, já testou um biocombustível a partir dessa biomassa e do óleo e coco,

em uma mistura de 20% com o querosene fóssil. O voo durou 2 h e nenhuma modificação dos motores ou aeronave foram necessárias<sup>8</sup>. Esses resultados representaram um avanço em direção ao desenvolvimento e aplicação de biojet derivado de biomassas nativas do Brasil, que deve contribuir consideravelmente para diminuição das emissões de gases do efeito estufa.

Além da produção de óleo, a valorização da biomassa residual é um dos fatores importantes para seleção de matérias-primas renováveis, pois desta forma o ciclo extrativo apresenta maior valor agregado e consequente rentabilidade. Neste ponto, o babaçueiro acaba se destacando, pois todas as suas partes podem ser aproveitadas integralmente (CARRAZZA; ÁVILA; SILVA, 2012).

O epicarpo do fruto, por exemplo, pode ser utilizado em fornos caseiros e comerciais, ou mesmo produzir combustível industrial. Suas fibras podem ser usadas para produção de fertilizantes, carvão ativado, papel, escovas e tapetes. Já do mesocarpo se extrai uma farinha nutritiva que é incorporada na alimentação humana, também sendo possível destiná-la para produção de etanol ou para o uso medicinal. O endocarpo é aplicado na confecção de peças aglomeradas e no artesanato, na produção de carvão, de gases combustíveis e condensáveis, a partir dos quais é possível obter metanol, ácido acético, acetona, fenol, cresol, dentre outros produtos químicos de valor agregado.

A partir da amêndoa é possível obter o óleo bruto do babaçu, que pode ser destinado ao uso alimentício pela produção de óleo refinado ou para produção de cosméticos, produtos farmacêuticos, produtos de higiene e biocombustível. Também é possível obter da amêndoa uma torta, resultante do processo de extração do óleo, que pode ser aproveitada como ração animal ou adubo (ANDERSON, MAY, BALICK, 1991 apud TEIXEIRA, 2002; SILVA, NAPOLITANO, BASTOS, 2016).

Além disso, as folhas, estipe e raízes também possuem valor agregado (SILVA; NAPOLITANO; BASTOS, 2016). Por exemplo, pode-se utilizar as folhas na confecção de peças artesanais, para a cobertura de casas, bem como para alimentação de bovinos durante períodos de seca (MAPA, 2012). Por outro lado, o estipe da planta pode ser usado em construções, caso esteja em bom estado e caso esteja em estado de decomposição, pode ser usado como adubo. Também é possível extrair a seiva do caule da palmeira jovem e, a partir da sua fermentação, produzir uma bebida muito apreciada na região (BRASIL, 2017).

---

<sup>8</sup> <https://www.greencarcongress.com/2008/02/virgin-atlantic.html>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diversidade da flora brasileira oferece diferentes possibilidades de matérias-primas renováveis para produção de biocombustíveis. A partir de palmeiras como o licuri e o babaçu podem ser obtidas biomassas quimicamente compatíveis para produção de BioQav e, por isso, essas espécies têm despertado o interesse da indústria de aviação. Elas apresentam alta produtividade, boa adaptabilidade a diferentes condições e baixo custo de cultivo. E, além disso, possuem densidade populacional concentrada em pontos estratégicos do Nordeste brasileiro.

Entretanto, estudos envolvendo o óleo dessas palmeiras para produção de BioQav *drop-in* continuam escassos. Observa-se que para o devido desenvolvimento do setor são necessários maiores investimentos em métodos de colheitas mais eficientes, ampliação da escala produtiva e logística.

Espera-se, deste modo, que nos próximos anos a atuação do setor público e iniciativa privada possam contribuir para o avanço desses pontos, pois a substituição parcial ou total dos combustíveis fósseis por biocombustíveis derivados de recursos renováveis locais será importante para o atendimento de:

- compromissos ambientais, considerando a economia das emissões de carbono;
- desenvolvimento econômico, a partir da geração de riquezas e produção economicamente viável;
- desenvolvimento social, a partir da geração de emprego, renda e oportunidades.

## AGRADECIMENTOS

Ao PPGQ-UFRN e ao PRH 37.1 pelo financiamento e apoio ao desenvolvimento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AIR TRANSPORT ACTION GROUP (ATAG), **Aviation: Benefits Beyond Borders**. Air Transport Action Group, Geneva, Switzerland, 2019

ALBIERO, D. *et al.* Proposta de uma máquina para colheita mecanizada de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) para a agricultura familiar. **ACTA Amazonica**, v. 37, n. 3, p. 337–346, 2007.

ALENCAR, J. W.; ALVES, P. B.; CRAVEIRO, A. A. **Pyrolysis of tropical vegetable oils**. *J. Agric. Food. Chem.*, v. 31, p. 1266-1270, 1983.

ANDERSON, A. B.; BALICK, M. J. Taxonomy of the babaçu complex (*Orbignya ssp. Palmae*). **Systematic Botany**, v. 13, n. 1, p. 32-50, 1988. (MAPA), M. D. A. P. E. A. **Babaçu (Attalea spp. MART.) - Série boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável orgânico**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2012.

ARAÚJO, P. H. M. *et al.* Catalytic Deoxygenation of the Oil and Biodiesel of Licuri (*Syagrus coronata*) To Obtain n-Alkanes with Chains in the Range of Biojet Fuels. **ACS Omega**, n. 4, p. 15849–15855, 2019.

AROUCHA, E.P.T.L.; AROUCHA, M.L. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do licuri**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2013.

BELTRÃO, N. E. DE M.; OLIVEIRA, M. I. P. DE. **Oleaginosas Potenciais do Nordeste para a Produção de Biodiesel** Documentos 177. Campina Grande, PB: EMBRAPA, 2007.

BEZERRA, O. B. **Localização de postos para apoio ao escoamento de produtos extrativistas: um estudo de caso aplicado ao babaçu**. 1995. Dissertação – (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

BIONDI, A.; MONTEIRO, M.; GLASS, V. **O Brasil dos agrocombustíveis: impactos das lavouras sobre a terra, o meio e a sociedade - Palmáceas, Algodão, Milho e Pinhão-manso**, 2008.

BRASIL. **Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017**. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/113576.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/113576.htm). Acesso em: 01 abr. 2021.

CARRAZZA, L. R.; ÁVILA, J. C. C. E; SILVA, M. L. DA. **Aproveitamento integral do fruto e da folha do Babaçu (Attalea spp.)**. 2. ed. Brasília, DF: Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), 2012.

CARVALHO, A. J. A; FERREIRA, M. H. S; ALVES, J. S. **Manual do Licuri**. Programa conca: sustentabilidade, saberes e sabores da caatinga. Salvador: Attemaeditorial, 2016.

CARVALHO, A. K. F., *et al.* Assessing the potential of non-edible oils and residual fat to be used as a feedstock source in the enzymatic ethanolysis reaction. **Industrial Crops and Products**, v. 50, p. 485-493, 2013.

CARVALHO, J. D. V. **Dossiê técnico: cultivo de babaçu e extração do óleo**. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília – CDT/UnB, Brasília, abr. 2007

CHANGMAI, B; SUDARSANAM, P.; ROKHUM, L. Biodiesel production using a renewable mesoporous solid catalyst. **Industrial Crops & Products**, v. 145, n. 111911, 2020.

CHAO, H.; BUYUNG, D. B.; DELAURENTIS, D. A. The potential impacts of Emissions Trading Scheme and biofuel options to carbon emissions of U.S. Airlines, **Energy Policy**, v. 134, n. 110993, 2019.

CORTEZ, L. A. B. *et al.* Perspectives for Sustainable Aviation Biofuels in Brazil. **International Journal of Aerospace Engineering**, n. 264898, p. 12, 2015.

CREPALDI, I. C.; OLIVEIRA, K. G. Licuri na área de ocorrência da Arara-Azul-de-Lear. In: **Plano de Ação de Nacional Para a Conservação da Arara-Azul-de-Lear**. 2. ed. Série Espécies Ameaçadas n.4. Brasília, 2012. p.58.

CREPALDI, I.C.; MURADIAN, L.B.A.; RIOS, M.D.G.; PENTEADO, M.V.C.; SALATINO, A. Composição nutricional do fruto de licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari). **Revista Brasileira de Botânica**, 2001, 24, 155-159.

DE LA SALLES, K. T. S.; SOLETTI, J. I. *et al.* Characterization of *Syagrus coronata* (Mart.) Becc. oil and properties of methyl esters for use as biodiesel. **Industrial Crops and Products**, 2010, 32, 518.

DONNATI, C. I. **Consequência da defaunação na dispersão e predação de semestres e no recrutamento de plântulas de palmeiras brejaúvas (*Astrocarym acaleatissimum*) na Mata Atlântica**. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agronomia da Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 6. 2004.

DRUMOND, M.A. **Licuri *Syagrus coronata* (Mart.) Becc.** Petrolina: Embrapa Semi-árido, 2007.

ELLER, Z; VARGA, Z.; HANCSÓK, J. Renewable Jet Fuel from Kerosene/Coconut Oil Mixtures with Catalytic Hydrogenation. **Energy Fuels**, v. 33, p. 6444-6453, 2019.  
EMBRAPA, E. B. DE P. A. **Babaçu programa nacional de pesquisa**. Brasília, DF: EMBRAPA, 1984.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (MME). **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis 2019**, Rio de Janeiro, 2020.

FILHO, G. N. da R.; BRODZKI, D.; DJÉGA-MARIADASSOU, G. **Formation of alkanes, alkylcycloalkanes and alkylbenzenes during the catalytic hydrocracking of vegetable oils**. *Fuel*, v. 72, n. 4, p. 543-549, 1993.

FORD, J. P, *et al.* Semi-Batch Deoxygenation of Canola- and Lard-Derived Fatty Acids to Diesel-Range Hydrocarbons, **Energy Fuels** v. 27, p. 7489-7496, 2013.

GUSMÃO, J. *et al.* **Utilization of vegetable oils as na alternative source for diesel-type fuel: hydrocracking on reduced Ni/SiO<sub>2</sub> and sulphided Ni-Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**. *Catalysis Today*, v. 5, p. 533-544, 1989.

IBGE – **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289>>. Acesso em: 15 abr. 2021

IHA, O. K.; SOLETTI, J. I. *et al.* Physicochemical Properties of *Syagrus coronata* and *Acrocomia aculeata* oils for biofuel production. **Industrial Crops and Products**, v. 62, n. 318, 2014

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **International Energy Outlook 2019 with projections to 2050**, 2019.

LLERAS, E., CORADIN, L. Native Neotropical Oil Palms: State of the Art and perspectives for Latin America. **Advances in Economic Botany**, 6, p. 201-213, 1988.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Editora Platarum, Nova Odessa, São Paulo, 1992.

MANSO, K. Licuri: a palmeira da vida das araras e dos sertanejos. **Revista Ouricuri**, v. 1. n. 1, p. 201-214, 2009.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil). **Série boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável orgânico Babaçu (Attalea spp.MART.)**, Brasília, DF: MAPA, 2012.

MAPA. **Anuário estatístico da agroenergia 2014**. Brasília, 2015. 205p.

MAPA. **Agenda de inovação para a cadeia produtiva do biodiesel**, CSOB/MAPA: Brasília, v. 1, 40 p., 2019

MELO, E. *et al.* First Study on the Oxidative Stability and Elemental Analysis of Babassu ( *Attalea speciosa* ) Edible Oil Produced in Brazil Using a Domestic Extraction Machine. **Molecules**, v. 24, p. 4235–4256, 2019.

METHA, P. S.; ANAND, K. Estimation of a lower heating value of vegetable oil and biodiesel fuel. **Energy Fuel**, 2009, 23, 3893.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Babaçu: boas práticas para o extrativismo sustentável orgânico Caderno do agente de assistência técnica e extensão rural Boas práticas para o extrativismo sustentável orgânico**. Brasília, DF: MMA, 2017.

MOREIRA, K. S. *et al.* Optimization of the Production of Enzymatic Biodiesel from Residual Babassu Oil (*Orbignya sp.*) via RSM. **Catalysts**, v. 10, n. 4, p. 414, 2020.

NOBLICK, L. R. **Guia Para Palmeiras Do Nordeste do Brasil**. Traduzido por CARNEIRO, C. E., UEFS Editora, Feira de Santana, 2019.

NOBLICK, L.R. **Palmeiras das caatingas da Bahia e as potencialidades econômicas. Simpósio sobre a Caatinga e sua Exploração Racional**, Brasília, DF, EMBRAPA, p.99-115, 1986.

NOBRE, C. B. *et al.* Chemical composition and antibacterial activity of fixed oils of *Mauritia flexuosa* and *Orbignya speciosa* associated with aminoglycosides. **European J. Integrative Medicine**, v. 23, p. 84-89, 2018.

OLIVEIRA, J. L. F. *et al.* Clay-supported zinc oxide as catalyst in pyrolysis and deoxygenation of licuri (*Syagrus coronata*) oil. **Renewable Energy**, n.168, p.1377-1387, 2021.

PAN, X. *et al.* Exploring fair and ambitious mitigation contributions under the Paris Agreement goals. **Environmental Science and Policy**, v. 74, 49-56, 2017.

PATTANAİK, B. P.; MISTA, R. D. Effect of reaction pathway and operating parameters on the deoxygenation of vegetable oils to produce diesel range hydrocarbon fuels: A review, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 73, p. 545-557, 2017.

PAUL, A. K. *et al.* Analysis of thermal, oxidative and cold flow properties of methyl and ethyl esters prepared from soybean and mustard oils. **J. Therm. Anal. Calorim.** v. 130, 1501-1511, 2017.

PEREIRA, R. J. **Licuri**. Brasília: Ministério da Educação. 2006.

RANUCCI, C. R. *et al.* Potential alternative aviation fuel from jatropha (*Jatropha curcas* L.), babassu (*Orbignya phalerata*) and palm kernel (*Elaeis guineensis*) as blends with Jet-A1 kerosene. **Journal of Cleaner Production.**, v. 185, p. 860-869, 2018.

SERRA, J. L. *et al.* Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocopherols, total carotenoids and chemical composition. **Food Research International**, v. 116, p. 12-19, 2019.

SILVA, E. M. S.; NAPOLITANO, J. E.; BASTOS, S. **Pequenos Projetos Eossociais de quebradeiras de coco babaçu: Reflexões e aprendizados**. Brasília, DF: ISPN, 2016.

SOARES, K.P. 2020. *Syagrus* in **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15736>>. Acesso em: 21 abr. 2021.

SOUZA, B. S. *et al.* Selective partial biodiesel hydrogenation using highly active supported palladium nanoparticles in imidazolium-based ionic liquid. **Applied Catalysis A: General**, v. 433-434, p. 109-114, 2012.

TEBAS, S. de O. G. *et al.* Mild conditions in the transesterification reaction of babassu oil and purified fusel oil. **Chemical Engineering Communications**, p. 432-440, 2020.

TEIXEIRA, M. A. Babassu — A new approach for an ancient Brazilian biomass. **Biomass and Bioenergy**, v. 32, p. 857–864, 2008.

TEIXEIRA, M. A. **Biomassa de babaçu no Brasil**. Encontro de Energia no Meio Rural. **Anais**. 2002.

VIVACQUA FILHO, A. Babassu: social, economical and technological aspects (in Portuguese: Babaçu, Aspectos Sócio-Econômicos e Tecnológicos). Brasília: UNB; 1968.

XU, J.; JIANG, J.; ZHAO, J. Thermochemical conversion of triglycerides for production of drop-in liquid fuels. **Renewable and Sustainable Energy**, v. 58, p. 331-340, 2016.

ZULETA, E. C. *et al.* The oxidative stability of biodiesel and its impact on the deterioration of metallic and polymeric materials: A review. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 23, n.12, p. 2159–2175, 2012.