



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
MARCELO RODRIGUES GOMES**

**Combustíveis alternativos: A complexidade da produção e implementação
de novas formas de energia para a aviação.**

Palhoça
2016

MARCELO RODRIGUES GOMES

Combustíveis alternativos: A complexidade da produção e implementação de novas formas de energia para a aviação.

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientação: Prof. Hélio Luís Camões de Abreu, Esp.

Palhoça
2016

MARCELO RODRIGUES GOMES

Combustíveis alternativos: A complexidade da produção e implementação de novas formas de energia para a aviação.

Esta monografia foi julgada adequada à obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas e aprovada em sua forma final pelo Curso de Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 25 de novembro de 2016.

Professor orientador: Hélio Luís Camões de Abreu, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof^a. Conceição Aparecida Kindermann, Dr^a.
Universidade do Sul de Santa Catarina

RESUMO

Este trabalho de pesquisa apresenta um estudo sobre os combustíveis aeronáuticos alternativos, abordando a complexidade da produção e as dificuldades para a implementação das novas formas de energia para a aviação. Aborda a evolução dos combustíveis utilizados desde os primórdios da aviação, discorrendo sobre as características dos motores aeronáuticos que utilizam o querosene e quais possíveis alterações os novos combustíveis podem provocar na operação de tais motores. A abordagem é qualitativa, com a utilização de procedimento bibliográfico e documental, caracterizando-se como do tipo exploratória. A análise de dados foi feita por meio da leitura e interpretação de livros, artigos bibliográficos e páginas da internet das agências reguladoras e de pesquisa, assim como de empresas aéreas nacionais e internacionais para que fossem alcançados os objetivos propostos. Ao ser concluída a análise dos dados coletados, foram constatadas as grandes possibilidades de matérias primas existentes em solo brasileiro para a obtenção do bioquerosene, a eficiência na operação dos motores com os novos combustíveis e as barreiras econômicas e logísticas para a produção em escala global.

Palavras-chave: Bioquerosene. Biocombustíveis. Combustível Alternativo. Matérias-primas. Motores Aeronáuticos.

ABSTRACT

This research presents a study on alternative aviation fuels, regarding the complexity of their production and the difficulties of implementing new forms of energy for aviation. It discusses the evolution of fuel since the early days of aviation, the characteristics of aircraft engines powered by kerosene and what possible changes the new fuels could have on the operation of those engines. The approach is qualitative, with bibliographic and documentary procedures, characterizing it as exploratory. The data analysis was done by reading and interpretation of books, bibliographic articles and web sites of regulatory and research agencies, as well as by national and international airlines documents so that the proposed objectives could be achieved. From the analysis of the collected data, great possibilities of raw materials on Brazilian soil for obtaining biokerosene came out, along with the efficiency in engines operations with the new fuels and the economic and logistical barriers to global scale production.

Key words: Biokerosene. Biofuel. Alternative fuel. Raw materials. Aeronautical engines.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Motor turbo jato Pratt & Whitney J56.....	15
Figura 2 - Motor turbo hélice Pratt & Whitney PT-6.....	16
Figura 3 - Motor CFM56.....	17
Figura 4 - Esquema de produção do QAV.....	18
Figura 5 - Aeronave EMB-110 Bandeirante.....	19
Figura 6 - Babaçu.....	22
Figura 7 - Camelina.....	23
Figura 8 - Pinhão Manso.....	24
Figura 9 - Processo químico.....	26
Figura 10 - Processo biomass-to-liquid.....	27
Figura 11 - Métodos de produção.....	28
Figura 12 - Emissão de fumaça.....	30
Figura 13 - Concentração de aromáticos.....	31

LISTA DE SIGLAS

ANAC- Agência Nacional de Aviação Civil

ANP- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

DW- Deutsche Welle

CTA- Centro Técnico Aeroespacial

CGEE- Centro de Gestão e estudos estratégicos

EGTM-Exhaust gas temperature margin

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FT- Fischer-Tropsch

IATA- International Air Transport Association

ICAO-International Civil Aviation Organization_

NASA- National Aeronautics and Space Administration

QAV- Querosene de aviação

SAC- Secretaria de Aviação Civil

TAM- Táxi Aéreo Marília

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	11
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.2.1 Objetivo Geral.....	11
1.2.2 Objetivos Específicos.....	11
1.3 JUSTIFICATIVA.....	11
1.4 METODOLOGIA.....	12
1.4.1 Natureza da pesquisa e tipo de pesquisa.....	12
1.4.2 Materiais e métodos.....	13
1.4.3 Procedimentos de coleta de dados.....	13
1.4.4 Procedimento de análise dos dados.....	13
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	14
2 REFERENCIAL TÉORICO.....	14
2.1 MOTORES AERONÁUTICOS A REAÇÃO.....	14
2.2 O QUEROSENE DE AVIAÇÃO.....	17
2.3 POSSÍVEIS SUBSTITUTOS AO QAV.....	18
3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	21
3.1 MATÉRIAS-PRIMAS OLEAGINOSAS PARA A PRODUÇÃO DO BIOCOMBUSTÍVEL AERONÁUTICO.....	21
3.2 PROCESSOS DE PRODUÇÃO DO BIOCOMBUSTÍVEL AERONÁUTICO..	25
3.2.1 Processos químicos.....	25
3.2.2 Processo Termoquímico.....	26
3.2.3 Processos Bioquímicos.....	27

3.3 PERFORMANCE DO MOTOR CFM-56 UTILIZANDO COMBUSTÍVEL ALTERNATIVO.....	29
3.3.1 Alternative Aviation Fuel Experiment (AAFEX).....	29
3.3.2 Voo teste da TAM utilizando bioquerosene.....	31
3.4 CUSTOS RELATIVOS AOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO.....	32
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

A história dos combustíveis utilizados nos motores aeronáuticos remonta às primeiras tentativas do homem em realizar o sonho de voar. Mesmo antes da existência do avião, os pioneiros da aviação buscavam soluções para impulsionar os seus balões que utilizavam motores a vapor e também motores elétricos (GRAFFIGNY, 1988), os quais eram muito pesados, pouco potentes e dificultavam a dirigibilidade. Foi então que em setembro de 1898, Alberto Santos Dumont inovou e instalou em seu dirigível, que chamou de N° 1, um motor convencional, sendo aquele o primeiro motor a gasolina da história da aviação (Barros, 2006).

Com a chegada então dos aviões, os motores foram sendo aprimorados, ficando cada vez mais potentes, maiores e mais confiáveis. As companhias aéreas passaram a cruzar oceanos com aviões movidos a hélice e a gasolina foi sendo modificada e aprimorada para atender às necessidades dos novos motores. E assim por várias décadas a gasolina de aviação foi praticamente o único combustível utilizado pelos aviões de todo o planeta. Essa condição permaneceu até o final da segunda guerra mundial, quando finalmente surgiram os primeiros aviões impulsionados por motores a jato. Estes motores utilizam o querosene de aviação (QAV), que tal como a gasolina, é um derivado do petróleo, um combustível fóssil, sendo obtido através de processos de destilação (FARAH, 2006). O motor a jato passou então a ser utilizado em grande parte da frota mundial de aviões comerciais, sendo ao longo dos anos incessantemente aprimorado, tornando-se cada vez mais eficiente, com maior potência e menor consumo. Entretanto, apesar de toda a evolução da tecnologia aplicada na fabricação dos motores, o querosene até os dias de hoje continua sendo o único combustível utilizado para a operação desse tipo de motor, sendo o seu consumo atual no Brasil de aproximadamente 8 milhões de m³ anuais, com projeção de demanda para 2020 de 13 milhões de m³ (EMBRAPA, 2013).

Nos dias atuais, existe uma enorme preocupação com relação às alterações climáticas do nosso planeta. Grande parte dos efeitos nocivos causados pelo homem vem justamente da queima de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, da emissão de gases na atmosfera. Tamanhos impactos na natureza, aliados aos grandes custos e a interdependência

entre os países para a produção do petróleo, tem gerado grande interesse da indústria aeronáutica pela pesquisa relacionada à produção de combustíveis oriundos de fontes renováveis (NASA, 2011). E, apesar de já terem sido produzidos e testados uma grande variedade de combustíveis buscando a redução significativa da emissão de gases na atmosfera, ainda não há uma posição final quanto a um combustível sustentável que possa ser o substituto definitivo do QAV. Este trabalho de pesquisa busca apresentar a complexidade de se produzir o biocombustível aeronáutico e as alterações necessárias a serem feitas nos motores para que seja segura a nova forma de operação.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Como é realizada a produção do biocombustível aeronáutico e que alterações nos projetos dos motores devem ser feitas para que estes possam operar com o novo combustível?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Apresentar os métodos de produção do biocombustível aeronáutico e as modificações necessárias nos motores para a sua utilização.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar as matérias-primas disponíveis para a produção do biocombustível aeronáutico.
- Descrever os processos de produção do biocombustível aeronáutico.
- Verificar as possibilidades de utilização de forma que o biocombustível seja competitivo economicamente em relação ao QAV.
- Analisar como o combustível alternativo afeta a performance de um motor.

1.3 JUSTIFICATIVA

A utilização do QAV remonta à época da segunda guerra mundial, com a implementação dos motores à reação. Até os dias de hoje, embora com especificações diferentes e adequações às normas vigentes, a produção permanece a mesma, ou seja, a origem deste combustível continua sendo o petróleo (PETROBRAS, 2014). Com o crescimento do modal aéreo em escala global na escala de 5% ao ano (IATA, 2014), o consumo de combustível e as emissões de gases poluentes aumentam na mesma proporção. Segundo dados do Anuário estatístico da Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis (ANP), as empresas brasileiras consumiram em 2006 o equivalente a 4,4 milhões de m³ de QAV, aumentando para 7,4 milhões de m³ em 2015 (ANP, 2016). A projeção de aumento do consumo de querosene nos voos internacionais partindo do Brasil para o período entre 2014 e 2050 é de 95% (SAC, 2016). Por esses motivos, foram estabelecidas metas para o setor aéreo mundial com o objetivo de reduzir as emissões de CO₂, até 2050, aos níveis de 2005, o que significa baixar pela metade os patamares atuais (EMBRAPA, 2015). Portanto, a pesquisa sobre as formas de produção de energias alternativas para a aviação, a viabilidade econômica desta produção, os benefícios para a atmosfera, já que a emissão CO₂ pode ser reduzida em até 80% em consequência de tais mudanças, se faz necessária a fim de fomentar migração, ainda que gradativa, dos derivados do petróleo para fontes sustentáveis de energia, de maneira a mitigar os efeitos da operação aérea no meio ambiente (IATA, 2013).

Considerando-se a tamanha importância do tema proposto, este trabalho de pesquisa se justifica pela escassez de trabalhos acadêmicos publicados que versem sobre o assunto, podendo desta forma contribuir para novas pesquisas de natureza semelhante. Os dados obtidos e as conclusões alcançadas ao longo do processo devem ser registrados em forma de trabalho científico publicado, a fim de que seu conteúdo esteja disponível e seja acessível a novos pesquisadores.

1.4 METODOLOGIA

1.4.1 Natureza da pesquisa e tipo de pesquisa

A natureza desta pesquisa é de abordagem qualitativa já que aborda a complexidade dos processos de produção dos combustíveis, com a utilização de procedimento bibliográfico e documental, caracterizando-se como do tipo exploratória.

1.4.2 Materiais e métodos

Os materiais analisados foram:

Bibliográficos: Livros e artigos relativos aos processos de produção dos combustíveis alternativos e aos testes dos motores quanto a performance e emissões de gases.

Documentais:

Documentos das agências reguladoras e de pesquisa, nacionais e internacionais, que versam sobre o tema:

- Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC)
- International Civil Aviation Organization (ICAO)
- National Aeronautics and Space Administration (NASA)
- International Air Transport Association (IATA)
- Centro de Gestão e estudos Estratégicos (CGEE)
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

1.4.3 Procedimentos de coleta de dados

Os procedimentos para a coleta de dados serão a pesquisa de dados documentais e bibliográficos das agências reguladoras e de pesquisa, assim como de empresas aéreas nacionais e internacionais.

1.4.4 Procedimento de análise dos dados

O procedimento adotado foi a análise documental dos dados obtidos. Algumas vantagens do método de análise documental consistem no baixo custo e na estabilidade das informações por serem “fontes fixas” de dados (SOUZA et al., 2011).

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Para que fossem alcançados os objetivos propostos, a estrutura deste trabalho foi organizada da seguinte forma:

No capítulo 1 é apresentada a introdução da pesquisa, na qual constam a problematização, os objetivos, a justificativa e a metodologia utilizada.

O capítulo 2 contém o referencial teórico, que apresenta as características tanto dos motores a reação quanto do QAV e também aborda o início das pesquisas sobre biocombustíveis aeronáuticos.

Em seguida, no capítulo 3 encontram-se a apresentação, a análise e a discussão dos dados obtidos durante a pesquisa, apresentando as matérias-primas para a obtenção do bioquerosene, os processos de produção, as referências de custo de tais processos e o comportamento de um motor ao operar com combustível alternativo. O trabalho prossegue no capítulo 4 com as considerações finais e, na sequência, as referências.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MOTORES AERONÁUTICOS A REAÇÃO.

Os motores aeronáuticos a reação, também chamados de motores a jato, são aqueles que utilizam a expansão dos gases de combustão produzida pela queima do querosene de aviação como força motriz. Este princípio baseia-se na 3ª lei de Newton ou Lei da ação e reação (HOMA, 2000). São três os principais tipos de motores aeronáuticos que utilizam o

QAV: Turbo jato, turbo hélice e tubo fan. A diferença básica entre eles consiste nos componentes que são acionados para gerar o empuxo.

a) Turbo jato (figura 1): nestes motores o ar admitido é impulsionado em um fluxo direto, de alta velocidade. A energia gerada pela expansão dos gases durante a queima de combustível é otimizada de forma que o empuxo seja totalmente fornecido pela saída dos gases pela parte posterior da turbina. Parte da energia gerada pelos gases é utilizada internamente para mover a turbina, o compressor entre outros equipamentos. É o tipo de motor utilizado em aviões de caça, adequado para velocidades supersônicas (HOMA, 2000).

Figura 1- motor turbo jato Pratt & Whitney J56



Fonte: Brossett, 2005

b) Turbo hélice (figura 2): A energia gerada pela queima do combustível é aproveitada para movimentar as turbinas que, através de um eixo, irão acionar a hélice. Na maioria dos motores desse tipo, o empuxo gerado pela hélice pode passar dos 90% (HOMA, 2000).

Figura 2 - motor turbo hélice Pratt & Whitney PT-6



Fonte: Brasil, 2013

c) Tubo fan: Substituíram os turbo jato na aviação comercial, com melhor rendimento e economia de combustível. Neste motor, cerca de 80% do empuxo é proveniente da energia mecânica fornecida pelo FAN (ventilador em inglês), que funciona como uma espécie hélice e os 20% restantes vem da descarga dos gases. A figura 3 mostra um motor turbo fan CFM-56.

Figura 3 - Motor CFM-56



Fonte: CFM aeroengines, 2016

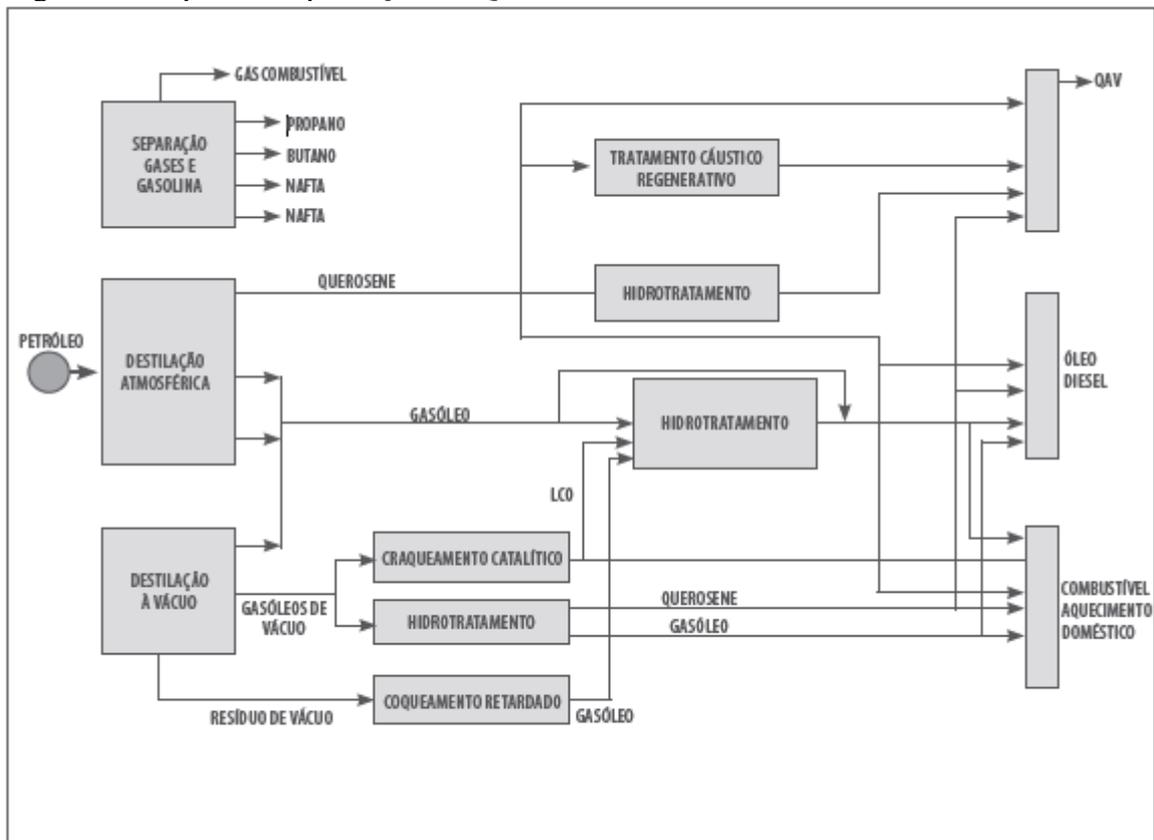
Os motores apresentados utilizam como fonte de energia o querosene de aviação (QAV). Este combustível deve ser produzido de maneira que suas especificações estejam em conformidade com os critérios estabelecidos pelas agências reguladoras.

2.2 O QUEROSENE DE AVIAÇÃO

Querosene de aviação (QAV) é um derivado de petróleo obtido por destilação atmosférica com faixa de temperatura de 150 a 300°C, seguido de tratamento de acabamento cáustico regenerativo ou hidrotratamento. É constituído por hidrocarbonetos com número de átomos de carbono variando de 9 a 15, com a estrutura dos compostos orgânicos classificados como parafínicos e aromáticos. A especificação brasileira do QAV-1 é determinada pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), sendo compatível com o *Aviation Fuel Quality Requirements for Operated Systems* (AFQRJOS) for JET A-1. Para que este derivado do petróleo apresente características adequadas à geração de energia para motores aeronáuticos, diversos critérios físico-químicos são requeridos durante a sua produção, que incluem fluidez (escoamento), estabilidade, deve permanecer líquido e homogêneo até a zona de combustão

das aeronaves, ter poder calorífico o mais elevado possível, apresentar resistência química e física às variações de temperatura e pressão e ter boas características lubrificantes (PETROBRAS, 2016). A figura 4 apresenta o esquema de produção do QAV.

Figura 4 - Esquema de produção do QAV



Fonte: PETROBRAS, 2014

A demanda de querosene aumenta a cada ano acompanhando o crescimento do modal aéreo. Somente no Brasil o consumo é da ordem de 8 milhões de m³ anuais com projeção de 13 milhões de m³ para 2020. As altas taxas de emissões de gases na atmosfera aliadas aos altos custos e aos problemas com a matéria-prima, que muitas vezes vem de áreas de conflito, levantam o questionamento sobre a produção de um possível combustível sustentável que venha a substituir o QAV.

2.3 POSSÍVEIS SUBSTITUTOS AO QAV

A busca por alternativas ao QAV, não é algo recente. Em 1977, o engenheiro químico Expedito Parente liderou uma equipe de pesquisadores da Universidade Federal do Ceará, que propôs ao então Ministério da Aeronáutica a produção de um substituto renovável ao querosene de aviação, que denominaram Prosene, mediante a transesterificação de óleos vegetais, processo hoje amplamente utilizado no Brasil para a fabricação de biodiesel. Naquela ocasião foram testadas diversas matérias-primas, como óleos de soja, de babaçu, de amendoim, de algodão, de colza, de girassol, de dendê, entre outros, bem como foi ajustada a especificação do produto final. No final de 1982, o biocombustível para aviões a jato foi considerado pronto e assim tiveram início os testes nos motores em bancada no então Centro Técnico Aeroespacial (CTA), em São José dos Campos, cujos resultados levaram à homologação do Prosene (PARENTE, 2003). No dia 23 de outubro de 1984, Dia do Aviador, uma aeronave “Bandeirante” (figura 5), que é equipada com motores PT-6 turbo hélice, decolou de São José dos Campos e sobrevoou Brasília, utilizando unicamente o Prosene, comprovando pioneiramente a possibilidade da utilização de biocombustíveis em aeronaves modernas (CGEE, 2010).

Figura 5- Aeronave EMB-110 Bandeirante



Fonte: ANAC, 2011

Com o avanço das pesquisas, o tema foi tendo seus aspectos regulamentados. Conforme a Lei nº 9.478/97, “Biocombustível é o Combustível derivado de biomassa

renovável para uso em motores a combustão interna ou, conforme regulamento, para outro tipo de geração de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil”. Já a Lei nº 12.490, de 16 de setembro de 2011, define como “Bioquerosene de aviação a 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” (ANP 2011), produzido pelos processos que atendam o estabelecido no Regulamento Técnico ANP nº 01/2013, devendo as matérias primas apresentar algumas características, tais como: não ameaçar a biodiversidade, não interferir nos ecossistemas naturais e ser produzida de forma que o solo e a água não sejam sobrecarregados (ICAO, 2010)

Provavelmente, o biocombustível mais conhecido seja o etanol, que vem sendo utilizado desde os anos 80 pela indústria automobilística, sendo produzido através da cana-de-açúcar. Como combustível aeronáutico, o etanol hidratado já é uma realidade comum no interior do Brasil. Desde 2005, depois de dois anos de desenvolvimento, a Embraer, através de sua subsidiária a Indústria Aeronáutica Neiva, produz o Ipanema, um avião agrícola, movido por motor convencional, especificamente preparado e homologado para utilizar etanol hidratado.

Na atualidade, os óleos vegetais com potencial para o biocombustível aeronáutico podem ser obtidos a partir de várias origens, a fim de que o produto final tenha características semelhantes ao QAV. No Brasil, a curto prazo, a soja é oleaginosa que possui maior potencial, principalmente pela sua já dominada produção e distribuição, já que é a principal fonte do biodiesel. Entretanto não seria estrategicamente viável para o país depender somente da soja para os dois modais. A médio prazo, pode-se citar o dendê (palma-de-óleo), algodão, girassol e canola. Estas oleaginosas possuem domínio tecnológico (cultivares, sistema de cultivo), porém carecem de ações para ampliar a escala de produção, considerando a regionalização da produção (EMBRAPA, 2015).

Numa projeção a longo prazo, outras fontes de óleo vegetal têm sido propostas nas pesquisas e testes para a produção dos biocombustíveis destinados ao uso aeronáutico, como pinhão manso, babaçu, camelina e algas. Os principais fatores que justificam o interesse nessas culturas são o grande potencial de produtividade e a possibilidade de cultivo em terras

marginais, bem como a composição em termos de óleos graxos.

As possibilidades de matérias primas no Brasil são inúmeras, principalmente devido ao grande potencial de cultivo no solo de praticamente todas as regiões. A quantidade do biocombustível a ser utilizada deve estar de acordo com a ANP Nº 63 DE 05/12/2014, segundo a qual o querosene de Aviação Alternativo poderá ser adicionado ao Querosene de Aviação (QAV-1) até o limite máximo de 50% (cinquenta por cento) em volume para o consumo em turbinas de aeronaves.

3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 MATÉRIAS-PRIMAS OLEAGINOSAS PARA A PRODUÇÃO DO BIOCMBUSTÍVEL AERONÁUTICO

A indústria da aviação estabeleceu metas ambiciosas para reduzir as emissões de dióxido de carbono e crescer de forma sustentável. Apesar dos grandes avanços obtidos com o uso mais eficiente do QAV nas últimas décadas, as metas de redução de emissões só serão alcançadas através da utilização do bioquerosene. Nesse contexto, o Brasil desponta como um dos países mais privilegiados em termos de vocação agrícola no mundo por sua localização privilegiada na região tropical, com alta incidência de energia solar, regime pluviométrico adequado, contando ainda com grandes reservas de terras agricultáveis, o que permite planejar o uso agrícola em bases sustentáveis, sem comprometer os grandes biomas nacionais.

Em termos de produção imediata, a soja seria a principal candidata a fonte de matéria-prima para produção de bioquerosene. Entretanto, além de ser largamente consumida como alimento, a soja é também a principal fonte de matéria-prima para produção de biodiesel. Portanto, não seria bom em termos estratégicos o país depender apenas de uma única fonte de matéria-prima, que seria inclusive, concorrida entre os modais aéreo e terrestre. Neste sentido, torna-se necessária a busca e o desenvolvimento contínuo de outras oleaginosas com maior adensamento energético e que atendam a critérios relacionados à diversificação e a regionalização (EMBRAPA, 2015). A seguir, serão citadas algumas das oleaginosas mais promissoras para o cultivo direcionado à produção do bioquerosene:

- Óleo de Babaçu:

O Babaçu (figura 6) é uma palmeira de grande porte nativa da região de transição entre a caatinga e a floresta amazônica. É uma planta muito famosa pelo seu alto grau de aproveitamento, pois todas as suas partes apresentam algum tipo de utilidade. A safra vai de setembro a março, sendo o seu óleo bem mais leve que a maioria dos óleos vegetais e, portanto, adequado à produção do bioquerosene. Sua exploração extrativista é fonte de subsistência para muitos brasileiros, ocupando milhões de hectares do território nacional, entretanto, as informações agronômicas sobre essa palmeira são escassas quanto aos aspectos produtivos, pragas e doenças. (CGEE, 2010). Em fevereiro de 2008, um Boeing 747-400 da companhia aérea Virgin Atlantic, voou com um dos motores alimentado com mistura de querosene de aviação e 20% de biocombustível produzido por transesterificação de óleo de babaçu e óleo de coco.

Figura 6 - Babaçu

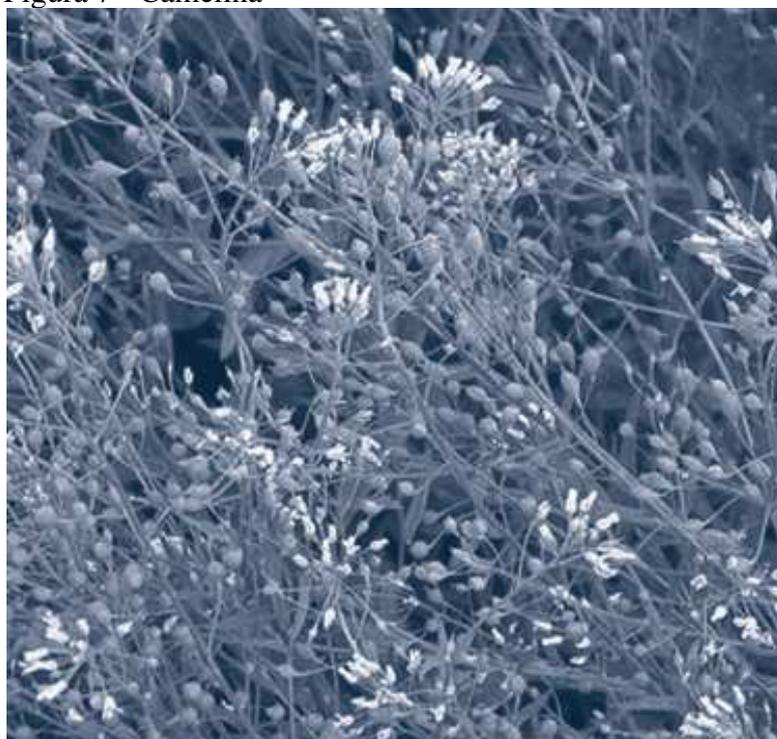


Fonte: Rural news, 2016

- Óleo de Camelina (figura 7):

A Camelina é um tipo de arbusto da família da Brassicaceas, considerada rústica, pois é resistente à seca e tolerante aos solos fracos, suas sementes podem apresentar cerca de 35% de óleo. O óleo de camelina é composto por ácidos graxos saturados, como: ácidos linolênico, linoléico e oléico, ambos com 18 átomos de carbono (NETO, 2010). Entretanto, o conhecimento agrônômico dessa espécie, que é cultivada no Brasil para a alimentação de pássaros, ainda é bastante limitado. Em janeiro de 2009 um Boeing 747-300 com motores Pratt & Whitney da Japan Air Lines voou por uma hora com um biocombustível produzido com óleo de camelina (84%), de pinhão manso (15%) e de algas (1%);

Figura 7 - Camelina



Fonte: CGEE, 2010

- Óleo de Pinhão Manso (*Jatropha curcas*):

Da família das Euforbiáceas, essa planta (figura 8) é considerada pouco exigente e bem adaptada aos climas mais secos e solos fracos, podendo apresentar boa produtividade de sementes oleaginosas com um teor de óleo entre 30% a 40%. O óleo de pinhão manso é composto basicamente por ácidos graxos insaturados com 18 átomos de carbono, como o ácido linoléico (18C, com dupla insaturação) e ácido oléico (18C, com uma insaturação). Tais

características conferem bom potencial para a produção de biocombustíveis e têm motivado um grande interesse nesse vegetal. Alguns aspectos do cultivo do pinhão manso ainda são pouco conhecidos, principalmente nas condições de baixa fertilidade do solo e reduzida pluviosidade (CGEE, 2010). Em dezembro de 2008, um Boeing 747-400 da Air New Zealand voou duas horas com uma mistura de 50% de biocombustível de óleo de pinhão manso e 50% de QAV.

Figura 8 - Pinhão Manso



Fonte: EMBRAPA, 2016

Aproximadamente 45% da energia produzida e 18% dos combustíveis consumidos no Brasil já são de fontes renováveis. Números bem promissores se comparados ao restante do mundo, aonde 86% da energia vêm de fontes não renováveis. Portanto, o Brasil é detentor de uma posição, em termos de recursos sustentáveis, almejada pela maioria dos países que buscam fontes renováveis de energia que possam substituir o petróleo. Os biocombustíveis poluem menos a atmosfera tanto pela redução das emissões durante a queima, quanto pelo processo de produção, que é mais limpo (ANP, 2016).

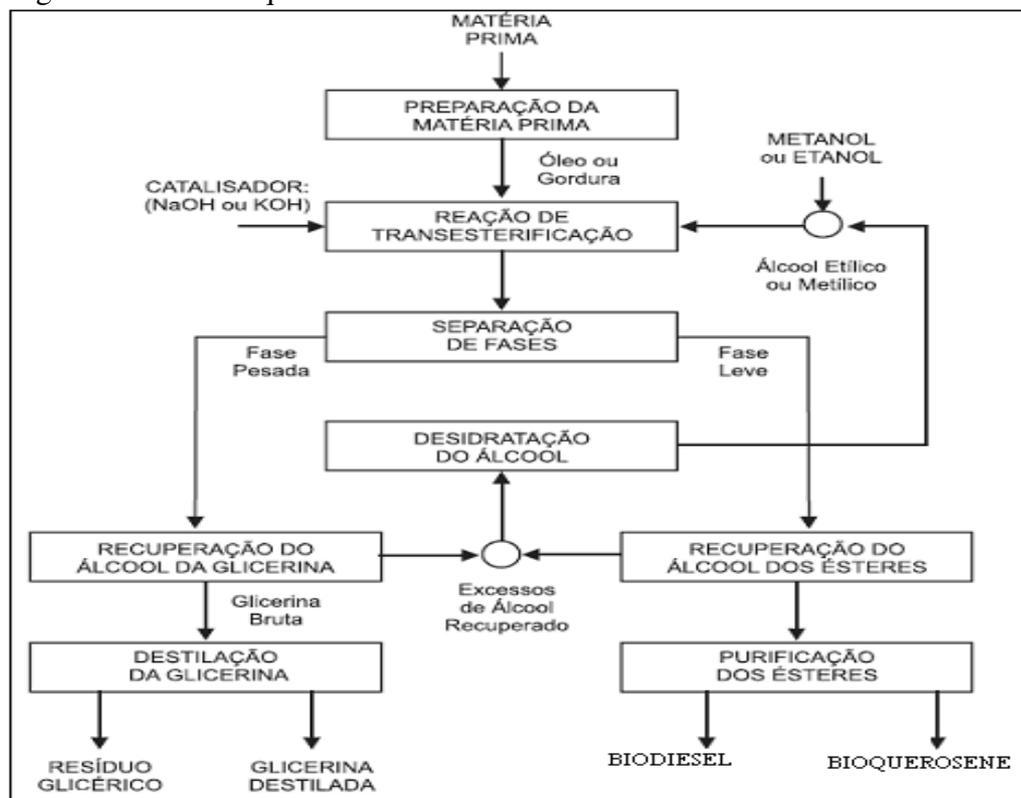
3.2 PROCESSOS DE PRODUÇÃO DO BIOCOMBUSTÍVEL AERONÁUTICO

O biocombustível aeronáutico pode ser produzido através de várias formas de produção. As especificações do produto final devem estar alinhadas com os padrões internacionais a fim de que seja possível a comercialização global dentro dos parâmetros previstos pelas agências reguladoras. Dentre as formas de produção homologadas, podemos destacar os processos químicos, termoquímicos e bioquímicos.

3.2.1 Processos químicos

Processos nos quais são usadas oleaginosas vegetais ou gorduras animais que passam por uma transesterificação, que é a conversão dos triglicerídeos em ésteres metílicos ou etílicos e glicerina através de uma reação na presença de álcool (metanol ou etanol) e catalisador como bases fortes, ácidos ou enzimas (SCHUCHARDT et al., 1998). O domínio deste processo está bem avançado, sendo largamente utilizado na produção do biodiesel. Para a produção de combustíveis aeronáuticos, considerando as especificações exigidas, é necessário que haja uma etapa posterior de separação e purificação dos ésteres, obtendo as frações mais adequadas para a utilização em motores a jato (PARENTE, 2008). A figura 9 descreve, resumidamente, o processo químico de produção do biocombustível.

Figura 9- Processo químico

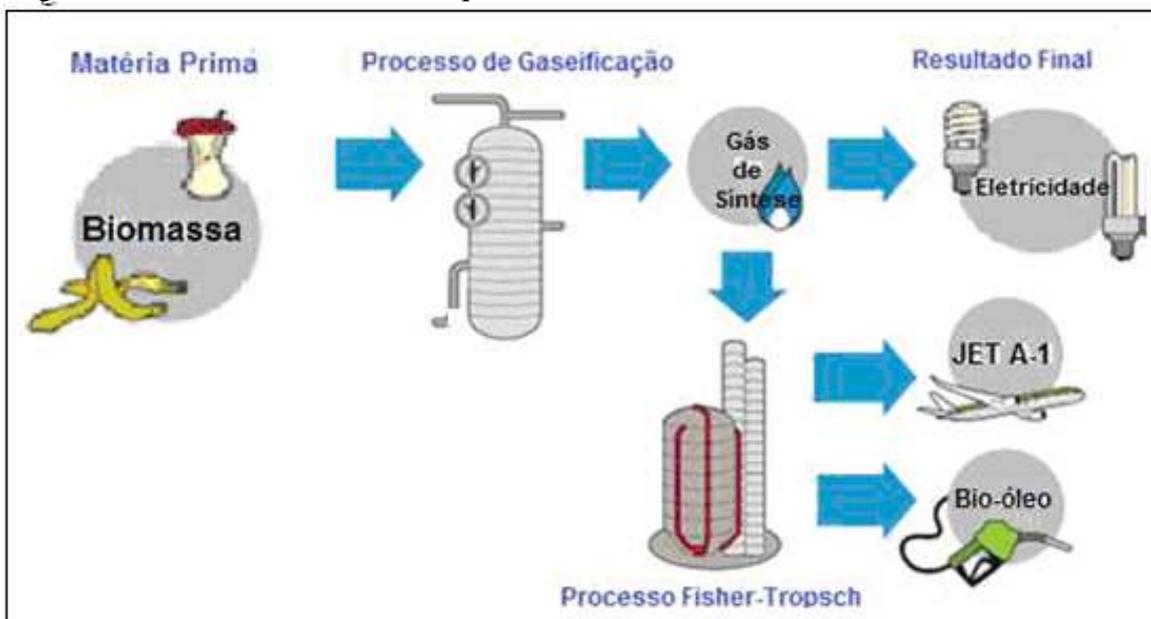


Fonte: Parente, 2013 (adaptado)

3.2.2 Processo Termoquímico

Neste processo, a matéria-prima é decomposta através da gaseificação, um processo pelo qual a biomassa é aquecida a uma temperatura extremamente elevada (da ordem de 1000 °C), promovendo a quebra das moléculas, produzindo o gás de síntese. Este, então, é convertido em combustível líquido através do processo de Fischer-Tropsch (CGEE, 2010). Tal processo também é conhecido como BTL (*biomass-to-liquid*), conforme exemplificado na figura 10. Os gaseificadores e o gás resultante do processo possuem características específicas que irão determinar o produto final, de forma que é possível a obtenção de hidrocarbonetos similares ao querosene de aviação. As barreiras a serem superadas são o domínio da tecnologia e os altos custos tanto da trituração da bio massa quanto do processo de gaseificação (LORA et al., 2012).

Figura 10- Processo biomass-to-liquid



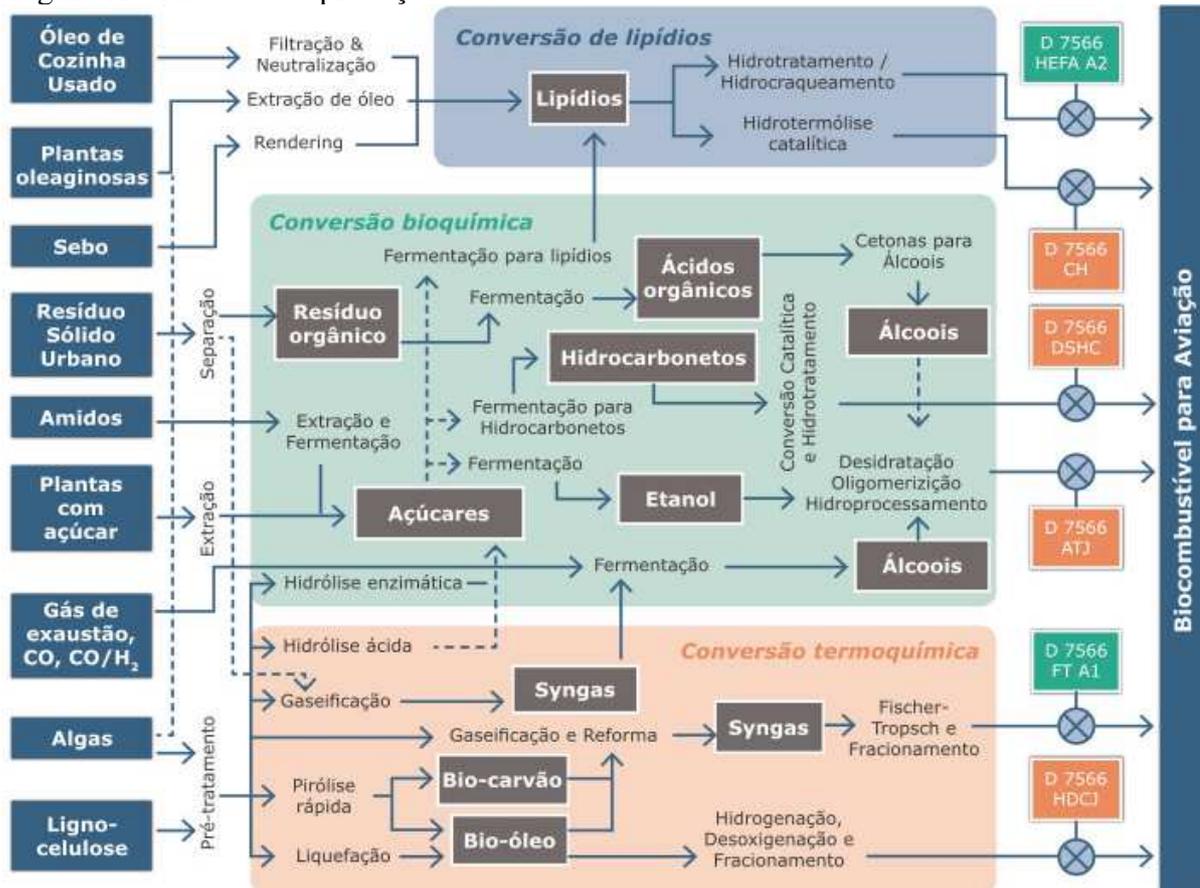
Fonte: Araujo, 2014

3.2.3 Processos Bioquímicos

Este processo utiliza matérias-primas constituídas por carboidratos (açúcares), que são convertidos em hidrocarbonetos através do uso de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* geneticamente modificadas. Os microrganismos consomem o açúcar do meio e produzem isoprenóides, como farnesene e pinene, em vez de etanol. O produto dessa conversão passará por processo de hidrogenação, obtendo-se a bioquerosene.

Outra forma de produção que se apresenta promissora é a partir da utilização de bactérias re-engenheiradas *Escherichia coli*, que produzem uma gama de hidrocarbonetos após o consumo dos açúcares (CGEE, 2010). Os dois processos embora muito promissores, ainda se encontram em desenvolvimento. A Figura 11 apresenta um panorama de todos os métodos identificados pertinentes ao Brasil, incluindo a denominação final de cada processo.

Figura 11 - Métodos de produção



Fonte: FAPESP, 2013

Para que possa ser utilizado nos motores aeronáuticos o bioquerosene deve possuir, tal como o QAV, características que cumpram os requisitos de qualidade, que são (PETROBRÁS, 2010):

- Proporcionar máxima autonomia de voo;
- Proporcionar queima limpa e completa com mínimo de formação de resíduos;
- Proporcionar partidas fáceis, seguras e com facilidade de reacendimento;
- Escoar em baixas temperaturas;
- Ser estável química e termicamente;
- Não ser corrosivo aos materiais da turbina;
- Apresentar mínima tendência a solubilização de água;
- Ter aspecto límpido indicando ausência de sedimentos;

- Não apresentar água livre para evitar o desenvolvimento de microrganismos e formação de depósitos que possam obstruir filtros;
- Oferecer segurança no manuseio e estocagem.

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) através da Resolução ANP Nº 38, de 28.7.2011 – DOU 29.7. 2011 determina as características técnicas dos combustíveis, as quais deverão ser atualizadas consultando o site www.anp.gov.br para a comercialização.

O grande objetivo, portanto, da indústria aeronáutica é a produção de biocombustíveis *drop-in*, os quais podem ser misturados ao QAV, proporcionando os mesmos desempenhos, com a mesma segurança e sem necessidade de quaisquer alterações nos sistemas das aeronaves ou na performance dos motores (ICAO, 2010).

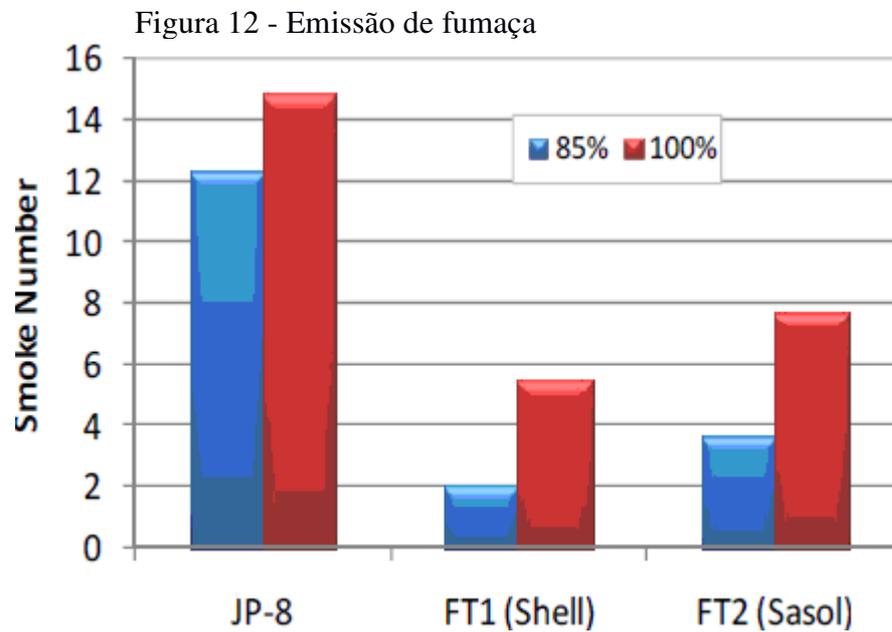
3.3 PERFORMANCE DO MOTOR CFM-56 UTILIZANDO COMBUSTÍVEL ALTERNATIVO

3.3.1 Alternative Aviation Fuel Experiment (AAFEX)

Em 2009, a NASA realizou testes com os motores CFM-56 de uma aeronave DC-8 utilizando combustível Fischer-Tropsch (FT) da Shell Corporation sintetizado a partir de gás natural., para analisar os efeitos no ambiente e as possíveis alterações nas performances do motor com a utilização de combustível alternativo. Foram testados combustível FT puro e também misturas 50% de combustível FT com 50% de QAV. A *Alternative Aviation Fuel Experiment* (AAFEX) foi realizada em uma base de operações da NASA em Palmdale, Califórnia entre 19 de janeiro e 3 de fevereiro daquele ano. As conclusões, em termos gerais, foram as seguintes (NASA, 2011):

- O combustível FT não afetou a performance do motor. Uma vez corrigidos os parâmetros de densidade e temperatura, o fluxo requerido para se obter uma determinada N1 foram idênticos aos do JP-8.
- Em baixas potências, o FT apresentou uma queima mais eficiente, indicando que este é menos poluente se comparado ao JP-8;

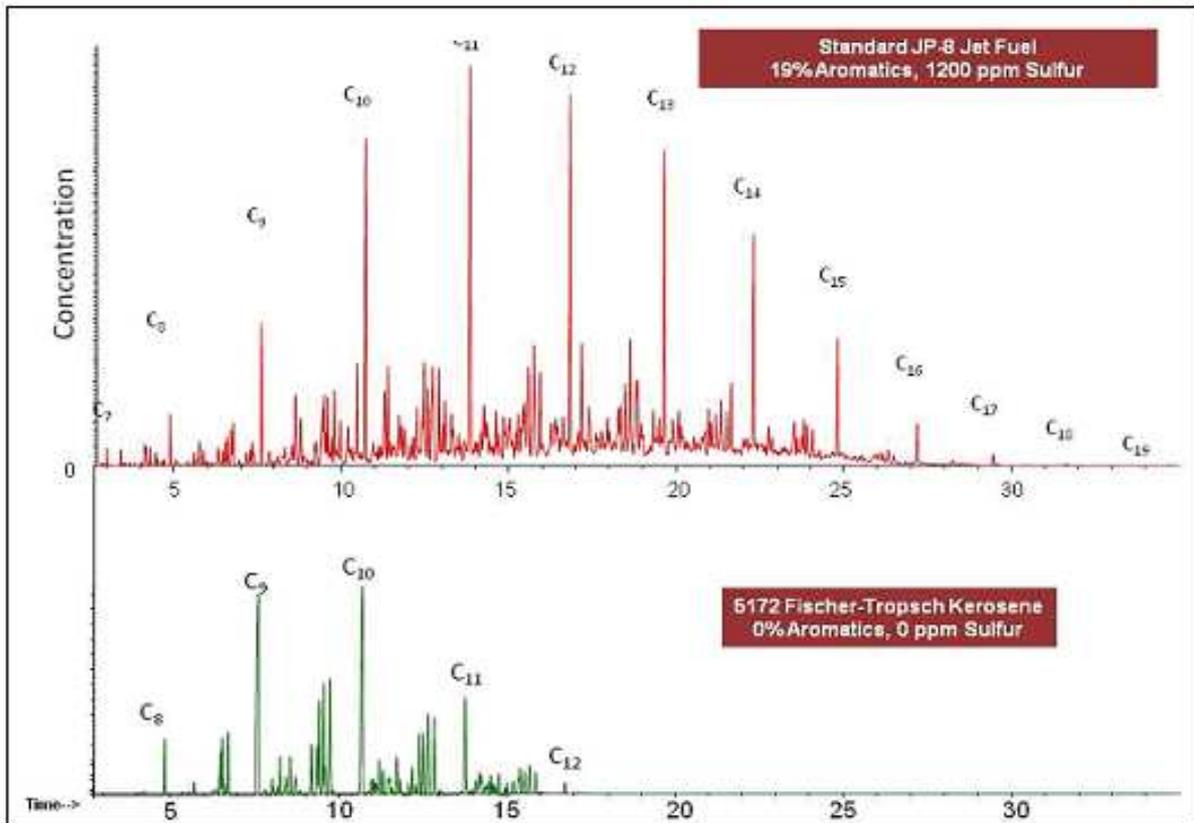
- A queima produziu reduções significativas de hidrocarbonetos totais (THC), monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (Nox) nas médias e altas rotações.
- O combustível alternativo também apresentou menor quantidade de fumaça tanto a 85% quanto a 100% (figura 12).



Fonte: NASA, 2011

A diferença de emissão de hidrocarbonetos aromáticos foi igualmente significativa, chegando a 19% entre os motores em determinado espaço de tempo. A figura 13 demonstra a diferença de concentração de hidrocarbonetos aromáticos emitidos pelo motor utilizando JP-8 e pelo motor utilizando o combustível FT durante determinado período de tempo.

Figura 13: Concentração de aromáticos



Fonte: NASA, 2009

3.3.2 Voo teste da TAM utilizando bioquerosene

Em novembro de 2010, a TAM realizou um voo teste de 45 minutos em uma aeronave Airbus A320-214, equipada com motores CF56-5B, durante o qual foi utilizado no motor esquerdo o QAV e, no motor direito, uma mistura com 50% de bioquerosene obtido a partir da hidrogenação do óleo extraído do pinhão manso (VELÁZQUEZ et al., 2011).

A Airbus e a CFMI, fabricantes da aeronave e dos motores, respectivamente, forneceram os procedimentos a serem efetuados antes, durante e depois do voo, de forma que os requisitos de segurança necessários fossem atendidos e para que os dados fossem validados.

Antes da partida, foram extraídos do Multipurpose Control & Display Unit (MCDU), relatórios contendo possíveis mensagens de falha nos sistemas dos motores e de combustível. Como não houve qualquer anomalia relatada, foi dado início aos testes de potên-

cia, onde o motor que utilizava o bioquerosene apresentou comportamento normal, nos mesmos parâmetros do motor que operava com o QAV. Os cálculos de performance desse motor, resultaram em um valor de EGTM de 72°C, ou seja, similar à temperatura calculada em operação normal, de 68°C. Esses resultados demonstraram que o biocombustível não alterou o comportamento do motor, atendendo aos requisitos de segurança para a realização do voo (VELÁZQUEZ et al., 2011).

Durante o voo experimental, o motor esquerdo abastecido com QAV apresentou um EGTM de 49,20°C, e o motor direito abastecido com 50% de biocombustível, um EGTM de 61,17°C. Tais informações indicam que o motor abastecido com a mistura operava aproximadamente 10°C mais frio do que o motor alimentado com QAV (VELÁZQUEZ et al., 2011), apresentando assim uma maior eficiência, pois a temperatura mais baixa significa menos combustível injetado para se obter uma determinada potência, o que proporciona uma maior economia durante todas as fases do voo.

Outra característica importante desse combustível refere-se à sua performance como fluido hidráulico para os atuadores do motor. Com a análise dos relatórios emitidos durante o voo, foi possível observar que os componentes atuados pelo biocombustível apresentaram operação plenamente normal. A troca de calor entre o combustível e o óleo do motor também foi realizada de forma normal, sem provocar alterações nos parâmetros previstos de temperatura do óleo ou do combustível nos tanques (VELÁZQUEZ et al., 2011).

Em nenhum dos casos apresentados foram necessárias alterações nos motores para a utilização dos combustíveis alternativos, o que confere a estes a confiabilidade necessária para a aviação comercial. Nos próximos anos a tendência é que cada vez mais testes sejam realizados para se chegar a uma conclusão definitiva sobre o melhor caminho a ser seguido com relação às matérias-primas e aos processos de produção mais adequados. A demanda pelos biocombustíveis, tanto por parte da aviação brasileira quanto da global, inevitavelmente, crescerá na mesma proporção do modal aéreo, portanto, o custo do cultivo bem como da produção devem estar no mínimo equiparados aos preços do QAV, de maneira que as novas fontes de energia sejam economicamente competitivas.

3.4 CUSTOS RELATIVOS AOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO

Assim como ocorre com a pesquisa da maioria das tecnologias inovadoras, o desenvolvimento de biocombustíveis para a aviação depende de mecanismos de apoio e de políticas públicas voltadas para o processo (BOEING et al., 2013).

O Brasil é um dos países mais privilegiados em termos de potencial agrícola no mundo. Graças a sua localização privilegiada na região tropical, com alta incidência de energia solar, regime pluviométrico adequado e às grandes reservas de terras agricultáveis, é possível planejar o uso agrícola em bases sustentáveis, sem comprometer os grandes ecossistemas nacionais. As matérias primas possíveis para a obtenção dos biocombustíveis são inúmeras e nesse contexto, o bioquerosene de aviação poderá ter papel importante não só por diversificar a matriz energética, mas também por equacionar questões como a distribuição de renda e a segurança ambiental (EMBRAPA, 2016). Entretanto, o bioquerosene só será uma realidade se forem realizados investimentos significativos em termos de pesquisa e desenvolvimento das matérias-primas das tecnologias utilizadas nos processos.

Os custos de produção e disponibilidade de matérias-primas representam os maiores desafios para que as empresas do segmento promovam, em escala global, a substituição da gasolina e do querosene de aviação (QAV) fóssil por outro de origem renovável. Os preços atuais para se produzir o biocombustível aeronáutico chegam a ser três vezes maiores do que o combustível convencional. As pesquisas são muito caras até se alcançar um combustível não apenas eficiente, mas sustentável ambiental e socialmente (BRASILAGRO, 2016). Um exemplo disso é a empresa Lufthansa, que em 2011 efetuou mais de 1000 voos utilizando bioquerosene, deixando de lançar na atmosfera mais de 1,5 mil toneladas de dióxido de carbono (CO₂), segundo dados da própria companhia. Estes voos foram suspensos em 2012 pelo fato de não haver oferta de bioquerosene suficiente para suprir a demanda (DW, 2012). A Lufthansa, entretanto, retomou as pesquisas em 2016, abastecendo com bioquerosene os seus voos a partir do aeroporto de Oslo (LUFTHANSA, 2016).

Um outro ponto a ser considerado é a crítica por parte de organizações ambientalistas internacionais. Algumas delas criticam a produção do bioquerosene por entenderem que as terras cultiváveis em todo o mundo são escassas e tanto o cultivo quanto a cadeia de abastecimento de alimentos estariam comprometidos (DW, 2012). Ainda mais

fundamentada é a crítica de Jürgen Schmid, diretor do Instituto Fraunhofer para Engenharia de Energia, em Kassel. Ele considera como ilusão o argumento de que os biocombustíveis poupam o meio ambiente. Segundo ele, quando são fabricados combustíveis a partir de biomassa, no fim do processo tem-se apenas 50% da energia contida na biomassa original. O restante é perdido ao longo do dispendioso processo de refinamento. A Lufthansa corrobora tal pensamento, enfatizando que o bioquerosene poupa cerca de 50% de CO₂ em comparação aos combustíveis fósseis, entretanto, são necessárias quantidades imensas de biomassa para encher um tanque de avião com bioquerosene. Por exemplo, para a produção de 25 bilhões de litros de bioquerosene a partir da camelina, seriam necessários 115 milhões de hectares (Mha) para o seu cultivo. Para efeito de comparação, tal área representa quase o dobro daquela ocupada por toda a agricultura brasileira, 60 Mha em 2011 (GAZZONI, 2012). Considerando-se que só nos Estados Unidos foram consumidos, em 2009, cerca de 92 bilhões de litros de QAV, fica evidente que as áreas a serem utilizadas para o cultivo das matérias-primas formam um obstáculo a ser superado.

A complexidade da produção e comércio dos biocombustíveis passa também pelos entraves logísticos do Brasil. Muitas matérias-primas são cultivadas em regiões bem distantes das áreas de produção. O modal ferroviário, por exemplo, que é essencial para a dimensão do Brasil, está muito defasado se comparado com outros países de mesma dimensão. Portanto, ainda há muitos desafios a serem superados para que se possa obter uma produção em larga escala.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O biocombustível aeronáutico já é uma realidade, um caminho sem volta. A busca pelo melhor gerenciamento dos nossos recursos naturais leva ao estabelecimento de metas visando à diminuição das emissões de poluentes na atmosfera, maior controle do descarte de resíduos e utilização consciente das fontes hídricas. O transporte aéreo, nesse contexto, tem um papel fundamental, uma vez que é responsável por 2% de todo o gás carbônico lançado no planeta (IATA, 2013). E para que sejam mitigados os efeitos do modal aéreo no meio ambiente, não há outra forma senão a migração, ainda que gradativa, do QAV para o

bioquerosene. Vários fatores justificam essa opção, tais como a produção que é um processo muito mais limpo, que gera poucos resíduos, não agredindo o solo ao seu redor. A queima durante a operação dos motores é muito mais eficiente e menos poluente, ou seja, emite menos fumaça e, conseqüentemente, muito menos gás carbônico e outros gases tóxicos. As matérias-primas são obtidas a partir de vegetais, logo, são fontes renováveis de energia, ao contrário dos derivados do petróleo que são de origem fóssil, recursos que se esgotam.

Entretanto, para que o bioquerosene chegue ao nível de substituir totalmente o QAV, ainda serão necessárias muitas pesquisas e investimentos, principalmente com relação ao cultivo das matérias-primas, pois são ocupadas áreas imensas para a produção desses vegetais. Isso é uma barreira a ser vencida e fica ainda mais evidente nos países europeus, que possuem território pequeno se comparados ao Brasil. Aliado a isso, há os entraves logísticos, e nesse caso a produção brasileira é bem prejudicada, já que as deficiências na interligação entre os modais e a escassa malha ferroviária dificultam o transporte, uma vez que em grande parte dos casos a área de plantio fica distante dos pontos de produção e distribuição do produto final.

Com relação à qualidade dos biocombustíveis aeronáuticos produzidos, os resultados são excelentes quando se pretende observar a performance dos motores durante a operação. Em todos os testes realizados, os motores se comportaram de maneira completamente normal, sem a necessidade de qualquer alteração em seus componentes, não havendo limitação de espécie alguma nas diversas fases dos voos, o que comprova a confiabilidade necessária para a utilização segura na aviação comercial mundial.

Os processos de produção mais limpos, a queima menos poluente e a sua performance altamente eficaz, conferem ao bioquerosene a condição de sucessor do QAV, ainda que isso ocorra de forma gradativa, a médio ou longo prazo. Esta pesquisa pode constatar que é possível a operação aérea de forma segura e eficiente com a utilização de fontes sustentáveis de energia, tendo o Brasil, imenso potencial para ser um dos principais fornecedores do biocombustível aeronáutico para o mercado mundial.

REFERÊNCIAS

- ANAC. **O uso de combustíveis alternativos na aviação Civil**. 2011. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/certificacao/Cursos/Arquivos/T%C3%B3pico%2013.pdf>> Acesso em: 01/08/2016.
- ANP. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. 2016. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/noticias/3138-anp-divulga-anuario-estatistico-2016>> Acesso em: 24 out.2016.
- ARAÚJO, Pedro Henrique Moraes de. **Obtenção de bioquerosene de aviação "Drop in" por pirólise rápida e desoxigenação catalítica a partir do Licuri (Syagrus coronata)**. 2014 99 f. Dissertação (Mestrado em química)-Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2014.
- BARROS, Henrique Lins de. **Santos Dumont e A Invenção do Avião**. Rio de Janeiro: *Ministério da Ciência e Tecnologia*, 2006.
- BOEING et al. **Plano de voo para biocombustíveis de aviação no Brasil: Plano de ação**. 2011. Disponível em: <<http://www.fapesp.br/publicacoes/plano-de-voo-biocombustiveis-brasil-pt.pdf>> Acesso em: 15 set.2016.
- CGEE. **Biocombustíveis aeronáuticos: Progressos e desafios**, Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010
- CFM. **The Leap Engine**. 2016. Disponível em: <<https://www.cfmaeroengines.com/engines/leap/>> Acesso em: 26 set. 2016
- DEUTSCHE WELLE. **Meio Ambiente**. 2012. Disponível em: <www.dw.com/pt/lufthansa-desiste-de-voar-com-biocombust%C3%ADvel/a-15665463> Acesso em: 30 ago.2016.
- EMBRAPA. **Matérias-primas oleaginosas para a produção de bioquerosene- oportunidades e desafios**. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/busca-de-noticias/-/noticia/3344909/artigo-materias-primas-oleaginosas-para-a-producao-de-bioquerosene--oportunidades-e-desafios>> Acesso em: 14 set. 2016.
- FARAH, Marco Antônio. **Petróleo e seus derivados**. Rio de Janeiro: *LTC*, 2012.
- GAZZONI, Décio Luiz. **Os desafios do biodiesel de algas**. 2012. Disponível em: <<http://www.gazzoni.eng.br/pagina40.htm>> Acesso em 11 set. 2016.

GRAFFIGNY, Henri De. **La Navigation Aérienne Et Les Ballons Dirigeables**. Paris: *Librairie j.-B. Baillière et Fils*, 1888.

IATA. **Responsibly Addressing Climate Change**. 2013. Disponível em: <www.iata.org/whatwedo/environment/Documents/policy-climate-change.pdf > Acesso em: 28 ago.2016.

LORA, Electo Eduardo Silva; VENTURINI, Osvaldo José. **Biocombustíveis**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2012.

LUFTHANSA GROUP. **Sustainable alternative fuels**. 2015. Disponível em: <www.lufthansagroup.com/en/responsibility/climate-and-environmental-responsibility/keroseneandemissions/biofuel-at-lufthansa.html> Acesso em: 31 ago.2016.

MUSEUM OF AVIATION - ROBINS AFB, Warner Robins, Georgia. **Photos from Gary Brossett**. 2005. Disponível em: <<http://www.enginehistory.org/Museums/RobinsAFB.shtml>> Acesso em 04 out.2016.

NASA. **NASA/TM-2011-217059. Alternative Aviation Fuel Experiment (AAFEX)**. 2011. Disponível em: < <http://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20110007202>> Acesso em: 15 ago.2016.

PETROBRAS. **Querosene de Aviação, Informações Técnicas**. 2014. Disponível em: < <http://www.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica>> Acesso: em 20 ago.2016.

PARENTE, Expedito José de Sá. **Biodiesel: Uma Aventura Tecnológica num País Engaçado**. Fortaleza, 2003. Disponível em: < <http://www.xitizap.com/Livro-Biodiesel.pdf>> Acesso em: 17 ago.2016.

RURAL NEWS. **Utilizações do babaçu**. 2016. Disponível em: <<http://www.ruralnews.com.br/visualiza.php?id=93>> Acesso em: 26 set. 2016.

SAC. **Plano de ação para a redução das emissões de gases de efeito estufa da aviação civil brasileira**. 2016. Disponível em: <http://www.aviacao.gov.br/noticias/2016/03/acoes-sustentaveis-em-aeroportos-brasileiros-reduzem-uso-de-energia-e-danos-ao-meio-ambiente/plano_de_acao-1.pdf> Acesso em: 31 out.2016.

SOUZA, Jacqueline; KANTORSKI, Luciane Prado; LUIS, Margarita Antonia Villar. **Análise documental e observação participante na pesquisa em saúde mental**. Salvador: *Revista Baiana de Enfermagem*, v. 25, n. 2, p. 221-228, maio/ago. 2011. Disponível em : < <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/enfermagem/article/viewArticle/5252>> Acesso em: 16 set.2016.

SCHUCHARDT, Ulf; SERCHELI, Ricardo; VARGAS, Rogério Matheus. **Transesterification of vegetable oils: a review**. Campinas: Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, 1998.

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*, v. 12, n. 1, p. 77-93, 2012. Disponível em: <<http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rmec/article/view/4269/3805>> Acesso em: 16 set. 2016.



UNISUL
Universidade do Sul de Santa Catarina
 Secretaria Executiva da Fundação Unisul,
 Pró-Reitoria de Administração Acadêmica e Pró-Reitoria de Ensino

TERMO DE CESSÃO DE DIREITOS AUTORAIS

A FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA – UNISUL, doravante denominada somente FUNDAÇÃO UNISUL,

MARCELO RODRIGUES GOMES
 doravante denominado somente AUTOR da obra caracterizada como Trabalho de Conclusão de Curso, com o título: COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS: A COMPLEXIDADE DA PRODUÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE NOVAS FORMAS DE ENERGIA PARA A AVIAÇÃO.

têm justo e acertado o presente Termo que se regerá pelas cláusulas descritas a seguir:

CLÁUSULA PRIMEIRA

O objeto do presente Contrato é a cessão total da obra, a título gratuito, para reprodução, distribuição e disponibilização, pela FUNDAÇÃO UNISUL, em qualquer forma ou meio existente podendo para tanto, utilizá-la junto à internet, jornais e todos os meios de comunicação e mídia, públicos ou privados.

Parágrafo Primeiro. A UNISUL poderá disponibilizar a obra no todo ou em partes, para fins didáticos, desde que não altere seu conteúdo.

Parágrafo Segundo. A presente cessão é feita para todos os países, em língua portuguesa ou tradução, a critério da FUNDAÇÃO UNISUL.

CLÁUSULA SEGUNDA

O AUTOR declara que a obra, objeto deste Termo é de sua autoria, responsabilizando-se pelo seu conteúdo e forma, citações, referências e demais elementos que a integram, sendo entregue no ato da assinatura do presente com todo seu conteúdo textual já revisado gramaticalmente e metodologicamente. Desta forma, quaisquer medidas judiciais ou extrajudiciais concernentes ao conteúdo serão de sua responsabilidade.

CLÁUSULA TERCEIRA

O AUTOR compromete-se a responder por todos e quaisquer danos causados direta ou indiretamente à FUNDAÇÃO UNISUL e a terceiros, em decorrência da violação de quaisquer direitos, inclusive de propriedade intelectual, devendo o AUTOR se sub-rogar em toda e qualquer obrigação ou ônus opostos em face desta.

Parágrafo Primeiro. O AUTOR responsabiliza-se pessoalmente pelo ineditismo da obra, exonerando a FUNDAÇÃO UNISUL de toda e qualquer responsabilidade por eventuais cópias ou plágios, sendo dever do AUTOR indenizar a FUNDAÇÃO UNISUL caso esta seja prejudicada por medidas judiciais ou extrajudiciais relacionadas ao conteúdo.

Parágrafo Segundo. O AUTOR responde civil e penalmente por qualquer reclamação de terceiros em relação à autoria do trabalho elaborado.

CLÁUSULA QUARTA

O AUTOR, nos termos do art. 49 e os seguintes da Lei 9.610, cede à obra objeto deste Termo em caráter definitivo e sem limite de tempo, pelo AUTOR, seus herdeiros e sucessores.

CLÁUSULA QUINTA

Os originais serão entregues prontos e acabados pelo meio ou na forma que a FUNDAÇÃO UNISUL indicar.

CLÁUSULA SEXTA

A CESSÃO aqui pactuada é realizada a título gratuito, uma vez que a FUNDAÇÃO UNISUL também disponibiliza em qualquer forma ou meio a obra gratuitamente.

CLÁUSULA SÉTIMA

As partes elegem o foro da comarca de Tubarão/SC e renunciam a qualquer outro, por mais privilegiado que seja.

E por estarem assim justos e acertados, firmam o presente em duas vias de igual teor para que surta seus jurídicos efeitos.

Tubarão/SC, 25 de novembro de 2016.


 Assinatura do Autor

Assinatura da Fundação Unisul

Testemunhas:

Nome:
 CPF:

Nome:
 CPF: