



## BIOCOMBUSTÍVEIS SUSTENTÁVEIS PARA A AVIAÇÃO NO BRASIL

Gustavo Kupas de Rocco<sup>1</sup>  
Jairo Afonso Henkes<sup>2</sup>

### RESUMO

Este estudo foi elaborado com o objetivo geral de analisar as principais alternativas para substituir os combustíveis fósseis nas operações aéreas em território brasileiro. A pesquisa caracteriza-se como exploratória, por meio de livros, artigos e reportagens. A abordagem utilizada foi qualitativa e quantitativa. A análise dos dados foi realizada por meio de informações obtidas durante a pesquisa documental dos biocombustíveis e convertidas em uma gama de possibilidade de matérias primas para se produzir biocombustíveis no Brasil de maneira sustentável e economicamente viável, trazendo resultados ambientais e econômicos positivos para a sociedade brasileira. Ao finalizar a pesquisa, pode-se concluir que a utilização de biocombustíveis ajudará o Brasil a atingir metas globais na redução de emissão de gases poluentes, colaborando com o desenvolvimento econômico e tecnológico do Brasil, uma vez que a demanda por combustíveis aeronáuticos aumentará consideravelmente, à medida que a população brasileira aumenta e em vista do grande potencial que o Brasil possuem em relação a produção de energias renováveis.

**Palavras-chave:** Biocombustíveis. Aviação. Sustentabilidade. Etanol.

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Ciências Aeronáuticas. Unisul. E-mail: [gustavo\\_derocco@hotmail.com](mailto:gustavo_derocco@hotmail.com)

<sup>2</sup> Doutorando em Geografia (UMinho, 2019). Mestre em Agroecossistemas (UFSC, 2006). Especialista em Administração Rural (UNOESC, 1997). Engenheiro Agrônomo (UDESC, 1986). Professor dos Cursos de Ciências Aeronáuticas, Administração, Engenharia Ambiental, do CST em Gestão Ambiental e do Programa de Pós Graduação em Gestão Ambiental da Unisul. E-mail: [jairohenkes333@gmail.com](mailto:jairohenkes333@gmail.com)

# SUSTAINABLE BIOFUELS FOR AVIATION IN BRAZIL

## ABSTRACT

This study was developed with the general objective of analyzing the main alternatives to replace fossil fuels in air operations in Brazilian territory. The research is characterized as exploratory, through books, articles, and reports. The approach used was qualitative and quantitative. Data analysis was performed using information obtained during documentary research on biofuels and converted into a range of possible raw materials to produce biofuels in Brazil in a sustainable and economically viable manner, bringing positive environmental and economic results to Brazilian society. At the end of the research, it can be concluded that the use of biofuels will help Brazil to achieve global goals in reducing the emission of polluting gases, collaborating with the economic and technological development of Brazil, since the demand for aeronautical fuels will increase considerably, as the Brazilian population increases and in view of the great potential that Brazil has in relation to the production of renewable energy.

**Keywords:** Biofuels. Aviation. Sustainability. Ethanol.



## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento do transporte aéreo brasileiro nos últimos anos, contando com números superiores inclusive ao do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, quando analisado até 2019, observa-se que a aviação civil no transporte doméstico é um dos principais vetores no desenvolvimento de nossa economia, crescendo acima dos 3,0% ao longo dos anos, chegando a casa dos 100.000.000 passageiros pagos em 2019 (ANAC, 2019).

De acordo com a Conexão Internacional (2018), o crescimento na demanda pelo transporte aéreo é acompanhando pela necessidade de elevar a oferta de combustíveis fósseis que são os mais utilizados atualmente, como gasolina de aviação (AVGAS) e o querosene de aviação (QAV), ambos derivados de petróleo. Junto com o crescimento do consumo desses combustíveis consequentemente tem-se uma elevação nas emissões de gases poluentes, tendo previsões de demanda de 14,4 milhões de toneladas de QAV em 2050.

Além da elevação do QAV e AVGAS, incertezas são geradas devido à instabilidade no preço desses derivados de petróleo, o que resulta no agravamento das preocupações com o aumento por essa demanda de combustíveis, agregado ainda a preocupações com questões ambientais, principalmente na redução de emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE), todos estes fatores influenciam para que a indústria de aviação busque desenvolver fontes alternativas de energia, sendo que atualmente os biocombustíveis se enquadram como uma alternativa emergente para este problema.

Entre 2000 e 2010, a taxa de crescimento das emissões domésticas (nacional) foi de 39,7%, enquanto a das emissões internacionais foi de apenas 5%. Visto isso, iniciativas relacionadas à viabilização do uso de biocombustíveis na aviação estão sendo desenvolvidas para reduzir a emissão de GEE (CGEE, 2010).

Diante deste contexto nacional, foram assumidos compromissos na redução de emissões por meio da Contribuição Definida Nacionalmente (NDC), no âmbito do Acordo de Paris, assinado na 21ª Conferência das Partes sobre Mudanças do Clima (COP 21), onde nesta ocasião o Brasil se comprometeu a reduzir suas emissões em 37% até 2030 (CONEXÃO INTERNACIONAL, 2018).

O biocombustível se difere de combustíveis tradicionais como o querosene de aviação, devido não utilizar derivados do petróleo, que tem sua origem de materiais fósseis, que por sua vez são finitos, o biocombustível diferente do material fóssil, é originado de matéria prima natural, renováveis, como plantas e até mesmo animais, sendo a sua vantagem a fácil reposição desses compostos, além do mais, quando queimados, estes compostos produzem um impacto menor ao meio ambiente quando comparados com derivados de petróleo (CONEXÃO INTERNACIONAL, 2018).

Atualmente no Brasil, o biocombustível produzido e consumido em maior escala é o etanol, que possui como matéria prima a cana-de-açúcar, que inclusive é utilizado na aviação, especialmente a agrícola devido a facilidade de obtenção e armazenamento, sendo encontrado em lugares remotos onde a disponibilidade de AVGAS nem sempre existe. Logo atrás do etanol de cana-de-açúcar vem a produção de biodiesel, que tem sua produção baseada em óleos vegetais e gorduras animais, sendo mais utilizados em veículos automotivos como caminhões, ônibus e até veículos de passeio com motor diesel, porém, para que estes

combustíveis sejam passíveis de utilização em aeronaves algumas modificações são necessárias (CONEXÃO INTERNACIONAL, 2018).

Desta forma, o presente trabalho abordará diversos tópicos, tais como: possíveis biocombustíveis para o setor aeronáutico brasileiro, entendimento dos impactos dos combustíveis fósseis no meio ambiente e levantar possíveis vantagens e desvantagens na substituição por biocombustíveis, como a produção em escala deste combustível, de forma que ele consiga suprir a demanda do mercado consumidor. Como problema de pesquisa deste trabalho foi verificar se existem alternativas de biocombustíveis para a aviação civil no Brasil?

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 **Objetivo Geral**

Analisar as principais alternativas de biocombustíveis para a aviação civil no Brasil.

### 1.1.2 **Objetivos Específicos**

- a) Descrever os impactos ao meio ambiente causado pela utilização de combustíveis fósseis nas operações pela aviação civil no Brasil.
- b) Identificar os biocombustíveis derivados de matérias primas renováveis produzidas em território brasileiro.
- c) Verificar quais os tipos de biocombustíveis para aviação já disponíveis em nosso mercado.
- d) Identificar as principais dificuldades para a utilização de biocombustíveis na aviação civil brasileira.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com ANAC (2019), o transporte aéreo em território brasileiro tem crescido acima do PIB nacional. No ano de 2018, por exemplo, foram transportados 100 milhões de passageiros pagos em voos domésticos e internacionais, representando uma elevação de 4,1% em relação aos 98.9 milhões de passageiros pagos transportados em 2017.

No entanto em 2020 em função da pandemia de corona vírus (COVID-19) houve a queda de 90% na demanda por passagens aéreas entre os meses de fevereiro e abril, onde o continente mais afetado foi a América do Sul (FARIA, 2020).

Em 1812, havia um bilhão de pessoas no planeta, em 1912, havia 1,5 bilhão e em 2012, apenas 100 anos depois, a população da terra disparou para 7

bilhões de seres humanos. A população mundial vem aumentando rapidamente ano após ano de forma exponencial. (COWSPIRACY, 2014). O aumento na demanda energética é uma consequência da demanda por transportes, em especial o aéreo, e o aumento na demanda por transportes está diretamente ligada ao aumento populacional em diversas regiões do mundo, não sendo diferente no Brasil.

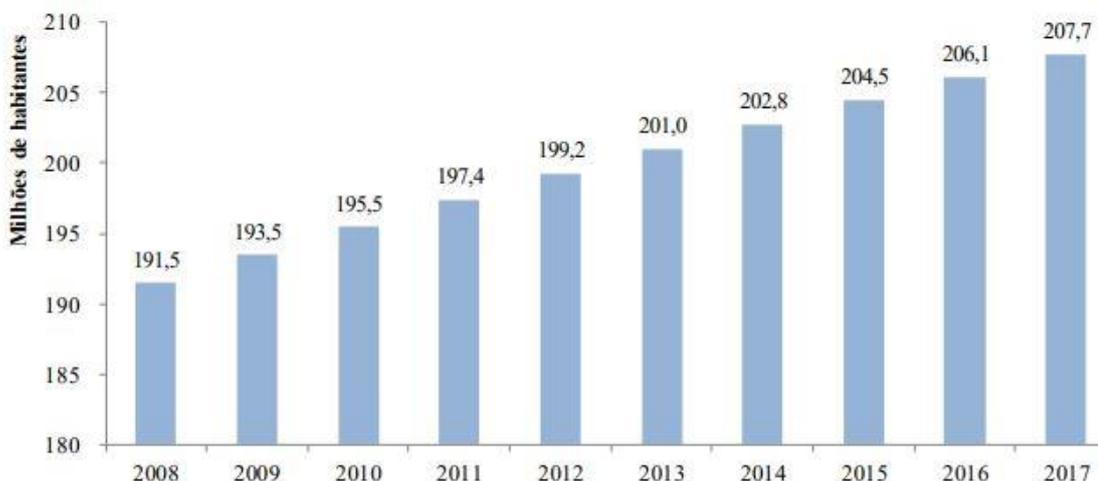
Analisando-se a Figura 1, se verifica uma variação do PIB brasileiro, com significativos avanços em alguns anos, como em 2010, porém, com retrações em outros anos, como em 2015 e 2016. Quando se analisa a Figura 2, é possível notar um crescimento constante, sendo que este gráfico representa a população brasileira, desta forma, fica evidente que o aumento na demanda por passagens aéreas não está relacionado apenas com a economia, mas também com o aumento populacional.

Figura 1 - Variação do PIB brasileiro (2008 - 2017)



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, (2017).

Figura 2 - Evolução da população brasileira, 2008 a 2017.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, (2017).

Devido ao aumento das operações aéreas no Brasil e no mundo, a utilização de energia também sofreu um aumento relativamente grande. A questão é que o combustível utilizado nas operações aéreas tem sua origem praticamente integral de derivados de petróleo, como a gasolina e querosene de aviação. (CONEXÃO INTERNACIONAL, 2018).

De acordo com Agência Nacional do Petróleo (2019), o Brasil é o maior consumidor de combustíveis de aviação da América Latina. Os produtos destinados para uso em aeronaves no país são o querosene de aviação (QAV), a gasolina de aviação e o querosene de aviação alternativo (QAV Alternativo), sendo que o mais consumido o QAV, seguido da gasolina de aviação e por último QAV Alternativo, que mesmo sendo pouco utilizado, já está presente em nosso mercado.

Segundo ECO (2014), o dióxido de carbono ou gás carbônico (CO<sub>2</sub>) é emitido, principalmente, pelo uso de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) nas atividades humanas. Neste caso, a atividade humana em especial é a aérea, onde a queima de AVGAS e QAV, dois derivados de petróleo resultam no que chamado de Gases de Efeito Estufa (GEE), onde os mais relevantes são os CO<sub>2</sub>, gás metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

Seguindo essas referências é possível notar a necessidade de se mitigar a emissão de gases poluentes na atmosfera, objetivando reduzir o efeito estufa causada pelo acúmulo destes gases na atmosfera.

Segundo Sánchez (2019), estima-se que aproximadamente 2,5% das emissões totais de CO<sub>2</sub> antropogênicas vêm da emissão das aeronaves. Assim, o CO<sub>2</sub> derivado dos motores das aeronaves pode contribuir em torno de 1% do total do aquecimento global provocado pelo homem.

D'Avignon (2008), comenta em relação aos aspectos da mudança do clima e da emissão de GEEs pelo setor aéreo, que algumas questões merecem atenção especial: 1) a demanda mundial atual de *jet fuel* (combustível para motores a reação) pela aviação comercial é de cerca de 306 bilhões de litros ao ano, a qual só tende a crescer nas próximas décadas; 2) intensificação das pesquisas em busca de combustíveis alternativos; 3) mitigação das mudanças climáticas e menor emissão de CO<sub>2</sub>.

Seguindo as informações apresentadas, define-se o público alvo desta pesquisa a aviação civil brasileira, tanto a comercial de grande porte, como a executiva e geral que utilizam aeronaves menores, normalmente com motores movidos a AVGAS, tendo assim duas linhas de pesquisa, alternativas para QAV e AVGAS em ambos tipos de motores, tanto a reação, assim como a pistão.

A motivação para que esta pesquisa acontecesse foi a preocupação pessoal do autor com a emissão de gases poluentes na atmosfera, oriundos da atividade aérea, visto que este é apenas um dos problemas gerados por tal operação, já que além da queima de combustíveis fósseis existem problemas como descarte incorreto de sucatas, resíduos sólidos gerados pela operação, poluição sonora e impacto na fauna e flora, sendo que todos estes problemas agregados resultam em algo maior.

Com esta pesquisa, pretende-se disponibilizar informações mostrando a situação atual referente ao consumo de combustíveis fósseis usados na aviação e os danos causados pela queima destes combustíveis ao meio ambiente, servindo de orientação e alerta, mostrando que é possível agregar desenvolvimento econômico e do setor aeronáutico de forma sustentável.

Como embasamento científico e fontes para esta pesquisa, serão utilizadas informações provenientes da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), Agência Nacional do Petróleo (ANP), além de publicações em revistas científicas e trabalhos acadêmicos nacionais e internacionais, tendo como objetivo coletar informações com até quatro anos contando a data que foram publicadas, estendendo quando necessário.

### 1.3 METODOLOGIA

De acordo com Minayo (2002), a metodologia se interessa pela validade do caminho escolhido para se terminar a pesquisa; portanto, não deve ser confundida com a teoria, tampouco com procedimentos.

#### 1.3.1 Natureza e Tipo da Pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como exploratória, com procedimentos bibliográficos e documental, e com abordagem tanto qualitativa, quanto quantitativa.

O procedimento para coleta de dados caracteriza-se como bibliográfico, com a intenção de buscar conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas do passado sobre determinado assunto, tema ou problema (CERVO; BERVIAN, 1983). O documental, é a base do trabalho investigativo, pois é aquele realizado a partir de documentos, contemporâneos ou retrospectivos, considerando cientificamente autênticos (SANTOS, 2004).

A abordagem da pesquisa foi a qualitativa, devido ao conhecimento do pesquisador ser parcial e limitado; tendo como objetivo da amostra, produzir informações aprofundadas e ilustrativas, seja ela pequena ou grande, gerando novas informações (GOLDENBERG, 2004). A abordagem da pesquisa quantitativa também foi utilizada, pois tem suas raízes no pensamento positivista lógico, tende a enfatizar o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana (GOLDENBERG, 2004).

### 1.3.2 Materiais e métodos

Os materiais analisados foram:

Bibliográficos - Livros, periódicos e publicações on-line que descrevem as fontes de combustíveis existentes; fontes de combustíveis fósseis utilizados na aviação; tipos de motores aeronáuticos e seus combustíveis; fontes de combustíveis alternativos para aviação; Impacto causado ao meio ambiente por gases de efeito estufa gerados pela queima de combustíveis fósseis.

Documentais - Diversos documentos a respeito de legislação e planos / metas definidas (os) pela Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC e pela Agência Nacional do Petróleo – ANP, que oferecem requisitos e padrões de procedimentos em relação ao tema proposto, entre eles: Documentos da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC); Documentos da Agência Nacional do Petróleo (ANP); Reportagens em revistas aeronáuticas sobre os novos combustíveis alternativos no mundo para a aviação; Publicações realizadas por fabricantes de aeronaves; Documentos disponibilizados nos sites dos fornecedores de combustíveis mundialmente reconhecidos, como Petrobras.

Digitais - Documentos eletrônicos disponíveis em sites oficiais, plataformas de pesquisa científicas, periódicos e revistas científicas.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 CONCEITO DE COMBUSTÍVEL

Em nosso planeta, é possível encontrar diversas fontes de combustíveis. Segundo Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2020), os combustíveis são substâncias que queimamos para produzir calor. Esse calor produzido pode ser utilizado para mover turbinas de uma usina termoeétrica ou para acionar motores de veículos, no caso do estudo, aeronaves.

Os combustíveis podem ser obtidos de fontes não renováveis como petróleo, carvão mineral e gás natural, e as renováveis como cana-de-açúcar, milho, sol, vento e as marés, sendo que diversos tipos de vegetais podem ser fontes para bioenergia, através de sua queima (combustão) ou de seu processamento, como por exemplo a cana-de-açúcar de onde é extraído o açúcar e álcool, ambos produtos que contem energia, e a soja que permite extrair o óleo que também pode ser utilizado na geração de energia (EPE, 2020).

O Brasil já possuiu vasta experiência na produção e uso de combustíveis alternativos, desde o programa PROÁLCOOL criado em 1975, produzindo etanol a partir da cana-de-açúcar, e com a Embraer, desde 2005, produzindo o avião agrícola Ipanema, preparado e homologado para ser abastecido com etanol hidratado. Entretanto, para uso nas aeronaves a jato, o biocombustível de aviação deve atender a requisitos de desempenho mais rígidos e específicos, além da necessidade de serem desenvolvidos sob os critérios de sustentabilidade (GARBIN; HENKES, 2018, p. 68).

Atualmente, a necessidade energética é suprida, principalmente, com a utilização de fontes de energia não renováveis, os combustíveis fósseis (petróleo, gás natural). Entretanto, ambientalistas veem discutindo a necessidade de substituir combustíveis fósseis por biocombustíveis devido a emissão de gases poluentes na atmosfera, o que está resultando no aumento dos gases de efeito estufa no planeta, agravando o fenômeno do aquecimento global (SOARES et al., 2019).

O Brasil tem o potencial para ser um dos líderes mundiais na pesquisa, desenvolvimento e produção de biocombustíveis sustentáveis de segunda geração. Os pathways, ou caminhos, que podem ser seguidos são vários e ainda estão em fase de pesquisa e desenvolvimento, eles envolvem a

matéria-prima a ser utilizada e uma tecnologia de refino (GARBIN; HENKES, 2018, p. 70).

Combustíveis são fundamentais para a evolução humana, através deles otimizamos nossas atividades, geramos eletricidade e energia capaz de movimentar máquinas como carros, motos, navios, trens e aviões, todas essas máquinas, como demonstrado na Figura 3 a seguir, e que foram desenvolvidos com motores projetados a partir da utilização de combustíveis de origem fóssil (CARNEIRO, 2018).

Figura 3 – Meios de transporte que utilizam motores a combustão



Fonte: Ubisoft (2014).

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

## 2.2 MOTORES AERONÁUTICOS

Segundo Bianchini (2017), um motor é basicamente uma máquina que transforma um determinado tipo de energia (térmica, elétrica) em energia mecânica.

Ainda conforme o autor, os motores utilizados na aviação são do tipo térmico de combustão interna, ou seja, transformam energia calorífica proveniente da queima de combustível em trabalho mecânico.

Atualmente na aviação, dois tipos de motores são utilizados primordialmente, motores convencionais (a pistão) e motores a reação. Os motores a pistão utilizam a energia proveniente da queima de combustível dentro dos cilindros para mover a hélice, que por sua vez produzirá a tração necessária para o voo, já o motor a reação equipam aeronaves mais modernas, este tipo de motor desloca uma quantidade relativamente pequena de massa de ar a uma velocidade elevada, o que também resulta no movimento da aeronave (BIANCHINI, 2017).

Os motores a pistão assemelham-se aos dos automóveis, entretanto sua construção segue as conformidades do setor aeronáutico, como as qualidades de leveza, alta eficiência térmica, compacidade, confiabilidade e ausência de vibrações, sendo que o combustível comumente utilizado em motores a pistão é a gasolina de aviação (AVGAS). O motor a reação segue um conceito de motores mais atual, onde utiliza a força de expansão do ar e o deslocamento de gases de combustão gerada pela queima de querosene de aviação (QAV) para empurrar a aeronave à frente, conhecido como empuxo (HOMA, 2017).

Existem três tipos de motores aeronáuticos a reação, são eles: Turbojato, Turbofan e Turboélice. Segundo Homa (2017), o motor Turbojato é um motor a reação destinado a voos supersônicos e grandes altitudes. Em baixas altitudes e velocidades, acaba consumindo mais combustível, ou seja, menor eficiências energética. O autor explica que o motor Turbofan é formado por um Turbojato acrescido de um “fan” (ventilador), sendo o motor mais econômico, silencioso e eficiente para velocidades superiores a 600 km/h.

O motor Turboélice, basicamente é um Turbojato modificado, que aproveita a energia do jato de escape para girar uma turbina acoplada a uma hélice através de engrenagens de redução, este motor é utilizado em velocidades de até 600 km/h quando o projeto da aeronave necessita mais de 400 HP, tornando-se neste caso mais eficiente do que o motor a pistão (HOMA, 2017).

### 2.3 COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS NA AVIAÇÃO CIVIL BRASILEIRA

Os combustíveis utilizados na aviação, atualmente são obtidos através de processos de destilação do petróleo (combustível fóssil). As gasolinas por exemplo, são produtos obtidos a partir da refinação do petróleo, cuja composição depende da destinação de uso (para aviação ou automotiva) (ANP, 2019). Segundo CBIE (2019), o petróleo cru passa por um tratamento para retirar impurezas antes de entrar em uma coluna de metal, sendo aquecido em uma caldeira até uma temperatura em que vaporiza e sobe através da coluna. Ao resfriar, seus derivados são retirados em um processo chamado de destilação fracionada.

Através deste processo obtém-se os combustíveis utilizados por diferentes máquinas, para aviação são classificados em três grupos principais de combustíveis

aeronáuticos, o AVGAS (gasolina de aviação), QAV (querosene de aviação) e o Diesel.

### 2.3.1 Querosene de Aviação – QAV

Aeronaves equipadas com motores a reação, popularmente conhecidos como “turbinas” utilizam o querosene de aviação (QAV) como combustível. Segundo a Petrobras (2019), o combustível querosene de aviação (QAV) é um derivado de petróleo obtido por destilação direta com faixa de temperatura de 150°C a 300°C, com predominância de hidrocarbonetos parafínicos de 9 a 15 átomos de carbono, utilizado em turbinas a aeronáuticas.

Ainda segundo o autor, é importante obter diversas características físico químicas durante a produção deste produto, características que influenciam a fluidez, estabilidade até que este combustível seja consumido pelos motores.

Atualmente são produzidos e comercializados dois tipos de querosenes de aviação no Brasil, o primeiro QAV-1 é utilizado para aviação civil e o segundo QAV-5 para a militar. A diferença básica entre eles está na maior restrição com relação à presença de compostos leves no QAV-5 de forma a garantir a segurança no manuseio e estocagem, o correto abastecimento, como pode se observar na figura 4, e o manejo do produto em embarcações (PETROBRAS, 2019).

Figura 4 – Abastecimento com QAV-1 (JET A-1)



Autor: David Monniaux (2005).

Segundo a Petrobras (2019), as principais qualidades do QAV são: escoamento a baixa temperatura, esta qualidade visa garantir que o querosene seja bombeado com escoamento contínuo em grandes altitudes, onde a temperatura

pode alcançar valores na ordem de -50 °C. Estabilidade térmica, na aeronave o querosene de aviação atua tanto como combustível quanto como fluido lubrificante, hidráulico e de arrefecimento. Combustão, a qualidade de combustão do QAV é avaliada pelas propriedades de poder calorífico, massa específica, ponto de fuligem e teor de aromáticos, estas características garantem que o combustível utilizado produza energia necessária para uma determinada autonomia de voo e permite que a geração de uma chama que não ocasione formação significativa de fuligem e depósito, preservando a vida útil do motor. Conforme informa a Petrobras (2019), caso a água esteja presente no QAV, poderá acarretar diversos problemas como a cristalização a baixas temperaturas, possibilidade de crescimento de microrganismos e outros problemas prejudiciais a operação do motor.

### 2.3.2 Gasolina de Aviação – AVGAS

Este combustível (gasolina de aviação) é comumente utilizado em aeronaves de pequeno porte equipadas com motores a quatro tempos (ciclo de Otto), não sendo tão empregada na aviação regular quanto o QAV, mas sim na comunidade de Aviação Geral, Escolas de Aviação Civil e Pilotos Privados. O funcionamento dos motores a pistão segue o mesmo fundamento dos motores automobilísticos, porém, seguindo qualidades específicas para a aviação, tendo um melhor desempenho (PETROBRAS, 2014).

A gasolina de aviação (AVGAS) é um combustível volátil e muito inflamável em temperaturas normais de operação, sendo sua definição baseada pela classificação de octanas.

Segundo a PETROBRAS (2014), GAV ou AVGAS é uma mistura de hidrocarbonetos, com 5 a 9 átomos de carbono e faixa de ebulição entre 30° e 170°C, tendo como base os parafínicos ramificados. Contém ainda em menor proporção, os hidrocarbonetos aromáticos. A gasolina de aviação utiliza Chumbo Tetraetila como melhorador de octanagem.

A gasolina de aviação no mercado brasileiro é regulamentada pela ANP, sendo do tipo GAV-100 LL (low lead / baixo teor de chumbo), identificada pela coloração azul, seguindo o que é praticado no exterior, como demonstrado na figura 5, a seguir (ANP, 2019).

Figura 5 – Gasolina de aviação



Fonte: Petrobras (2014).

A Petrobras (2014), destaca alguns requisitos de qualidade que a GAV deve possuir, como por exemplo: Volatilidade adequada, de forma a garantir o bom funcionamento do motor desde a partida até a operação a plena carga; Qualidade antidetonante, necessária ao motor de forma a entrar em combustão somente a partir da ignição pela centelha; Ser estável nas condições de armazenamento entre outros requisitos.

### 2.3.3 Diesel

Segundo a PETROBRAS (2018) o óleo diesel é um combustível líquido derivado de petróleo, utilizado em motores de Ciclo Diesel (de combustão interna e ignição por compressão), composto majoritariamente por hidrocarbonetos com cadeias de 8 a 13 carbonos, podendo conter, em menor proporção, nitrogênio, enxofre e oxigênio. Figueiredo (2013, p.1) comenta sobre o óleo diesel:

A sua baixa volatilidade reduz o risco de incêndio e a formação de bolhas de vapor nas linhas de combustível (vapor lock), responsável por boa parte dos incidentes de parada ou perda de potência em voo nos motores a gasolina, especialmente em grandes altitudes e subidas rápidas. A utilização do combustível diesel na aviação brasileira não é ainda aprovada pelas autoridades de aviação civil em razão da qualidade variável do produto oferecido pelos produtores.

Embora os combustíveis fósseis ainda sejam as principais fontes de energias para os meios de transportes em geral e para a aviação em particular, estes combustíveis contém em sua composição e por consequência em sua combustão, alta quantidade de carbono, que liberam dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para a atmosfera, contribuindo para ampliar o efeito estufa. O problema não é o fenômeno natural, mas sim seu agravamento pela ação do homem, pois que com o

aumento das atividades humanas em especial aquelas que emitem gases de efeito estufa (GEE), esta camada de gases na alta atmosfera fica cada vez mais espessa, ampliando a retenção de calor na baixa atmosfera terrestre, acumulando o calor que seria dissipado para o espaço (GARBIN; HENKES, 2018).

## 2.4 BIOCOMBUSTÍVEIS PARA AVIAÇÃO

A necessidade energética da aviação cria a necessidade de se desenvolver biocombustíveis para superar as necessidades energéticas de maneira ecológica, agredindo minimamente o meio ambiente e mesmo assim evoluindo nossas aeronaves dia após dia. Testes realizados, em meio aéreo e terrestres, apresentaram resultados que comprovam o desempenho igualitário entre combustíveis fósseis e alternativos na operação dos motores aeronáuticos, tendo como vantagem os alternativos na emissão de gases poluentes (menor emissão de GEEs) (FIGUEIREDO, 2013).

O Brasil possui grande experiência quando se fala sobre combustíveis alternativos, pois desde 1975, ano em que surgiu o programa PROÁLCOOL, produzindo etanol a partir da cana-de-açúcar, e com o empenho da Embraer, que produziu aviões agrícolas do modelo Ipanema (motor a pistão), apresentado na figura 6, preparado e homologado para ser abastecido com etanol hidratado (EMBRAER, 2002).

Figura 6 – Embraer EM-2020.



Autor: Renato S. Carvalho (2005).

Para que biocombustíveis possam ser utilizados em aeronaves a jato (motores a reação), o querosene alternativo deve atender requisitos de desempenho rigorosos e específicos, além de atender aos critérios de sustentabilidade que seu

uso propõe. Como forma de utilizar estes combustíveis alternativos sem comprometer estes requisitos a ICAO aposta nos combustíveis *drop-in*, que são quimicamente indistinguíveis do combustível tradicional e podem ser misturados a este, resultando em desempenhos e segurança similares ao do sistema da aeronave, infraestrutura de distribuição e armazenamento (AIR TRANSPORT ACTION GROUP, 2009).

Biocombustíveis são derivados de plantas e animais, que a partir da fermentação desenvolvem produtos como o Etanol. Os combustíveis alternativos podem ser usados de forma isolada, contudo, a forma mais comum de os utilizar é misturando o biocombustível com o combustível tradicional, o que reforça a publicação da Air Transport Action Group em 2009.

Para aviação geral, de pequeno porte, onde a maioria das aeronaves utiliza motores a pistão, a utilização de etanol traria diversas vantagens, começando pelo preço de compra inferior ao da gasolina de aviação, redução dos índices de poluição por GEEs, além de proporcionar maior segurança no manuseio do combustível. Segundo Figueiredo (2013), mesmo misturando 10% de etanol e o restante de gasolina (90%), esta mudança já resultaria em melhores resultados frente ao meio ambiente, assim como economicamente, contudo, a desvantagem seria a baixa produção do etanol, uma vez que ele depende de cultivo para ser produzido.

Biocombustíveis são possíveis de diversas maneiras, cada localidade proporciona diversas oportunidades, pesquisadores objetivam identificar estas oportunidades e desenvolver a tecnologia necessárias para aproveitar esses recursos que a natureza nos fornece e a partir dela gerar energias que causam menor impacto ao meio ambiente quando consumidas. Qualquer mercado está apto a receber essas fontes alternativas de energia, sendo que é vital para a sobrevivência das operações, tanto aérea como automobilística, o desenvolvimento e utilização de biocombustíveis, principalmente devido ao considerável aumento na emissão de GEEs nos últimos anos, como também, ao possível esgotamento dos combustíveis fósseis no futuro.

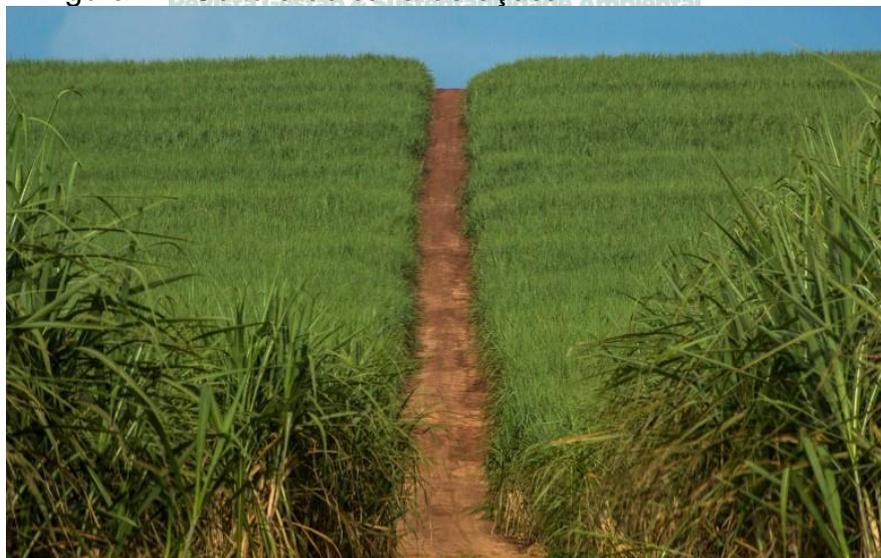
#### 2.4.1 Etanol

Atualmente a utilização de Etanol é passível em motores a pistão (convencionais), e seu uso proporciona diversas vantagens operacionais e

econômicas, sendo elas: preço inferior ao da gasolina de aviação, redução de emissão de gases de efeito estufa, maior segurança operacional que a gasolina entre outras vantagens. A aviação que mais se enquadraria na utilização deste biocombustível é a geral, a qual utiliza motores convencionais, sendo que atualmente o etanol já é utilizado em operações aéreas em território brasileiro, na operação agrícola com o modelo de aeronave da Embraer (Ipanema) já citado neste trabalho.

Figueiredo (2013), considera que mesmo adicionando apenas 10% de etanol no AVGAS, os resultados positivos ao meio ambiente e a parte financeira da operação já são obtidos. O autor ainda destaca que embora seja possível converter alguns motores a gasolina para uso do álcool etílico hidratado no Brasil, que possui grande disponibilidade, no resto do mundo ele ainda não é amplamente utilizado, ainda que possuindo grandes vantagens na sua utilização visto do ponto de vista ambiental. A desvantagem na utilização está na baixa produção, uma vez que necessita de certo tempo de colheita e grandes extensões de terra para produzir a quantidade necessária para suprir a demanda, como é o caso do cultivo da cana de açúcar, demonstrado na figura 7.

Figura 7 – Cultura de cana-de-açúcar



Fonte: JW Equipamentos (2020).

O primeiro avião do mundo a sair certificado de fábrica utilizando Etanol (biocombustível) foi o Embraer Ipanema 202A, entretanto, a Embraer além de oferecer este produto pronto e certificado de fábrica, disponibilizou para venda kits de conversão oficiais para aviões fabricados anteriormente, convertendo motores

que antes utilizavam gasolina de aviação, agora movidos a etanol de forma certificada e com garantia da própria fabricante, facilitando e muito a operação destas aeronaves em lugares remotos do território brasileiro, onde encontrar disponibilidade de AVGAS nem sempre é possível, sem contar o armazenamento deste combustível (DUPIM, 2020).

Segundo Dupim (2020), o baixo custo operacional do motor a etanol conquistou o mercado e, na maior parte do território brasileiro, torna a operação à gasolina de aviação desvantajosa, sendo que atualmente, a operação a etanol não compensaria apenas nos extremos da região Sul e Norte do Brasil, por estarem extremamente longe das refinarias.

O Ipanema 202A, consome em média 95 litros por hora. A gasolina de aviação pode ultrapassar os 10 reais por litro (valores de 2020), enquanto o etanol é bem mais em conta (valor na faixa dos R\$ 3,10 em 2020). Desta forma obtém-se uma redução nos custos operacionais que ultrapassam os 35% dependendo da localidade onde a operação ocorre (DUPIM, 2020).

Quanto ao meio ambiente, o etanol reduziu o impacto ambiental. Segundo a Embraer (2014), cada Ipanema movido a etanol deixa de emitir por ano cerca de 20 quilos de chumbo na atmosfera. Considerando a frota total de aviões desde os últimos 10 anos do início da fabricação, deixou de poluir em 51 toneladas de chumbo, dando impressionantes.

#### **2.4.2 Diesel Verde**

Segundo ANP (2020), o diesel verde é um combustível renovável para motores a combustão de ciclo diese, produzido a partir de matérias-primas renováveis como gorduras de origem vegetal e animal, cana-de-açúcar, álcool e biomassa.

O novo combustível será adicionado ao diesel de origem fóssil, que, atualmente, tem obrigatoriamente 12% de biodiesel, resultando em uma mistura ternária, ou seja, um combustível composto pelos três produtos (ANP, 2020).

Ainda segundo o autor, o biocombustível é constituído predominantemente de hidrocarbonetos parafínicos, possuindo propriedades similares ao do diesel proveniente de fontes fósseis e difere-se do biodiesel, que é uma mistura de éster de ácidos graxos com propriedades semelhantes.

Notadamente, a regulamentação do diesel verde poderá viabilizar também a produção e comercialização do bioquerosene de aviação, já regulamentado pela Resolução ANP nº 778, de 2019, uma vez que a produção de biocombustíveis no contexto de biorrefinaria gera diferentes bioprodutos em um mesmo processo (AUTOPAPO, 2020).

### 2.4.3 Bioquerosene

O QAV Alternativo é derivado de biomassa renovável, podendo ser utilizado em turbopropulsores aeronáuticos, ou, em outro tipo de aplicação que possa substituir o combustível utilizado.

Segundo Marciel Filho (2009), o bioquerosene é constituído por uma mistura de hidrocarbonetos com cadeias lineares ou cíclicas, que possuem composição similar ao do querosene fóssil. Pode ser utilizado em misturas com o querosene fóssil, ou puro.

A utilização de bioquerosene na aviação brasileira já ocorreu, tendo como primeiro voo teste realizado em 2010 pela TAM, atualmente LATAM. Azul e Gol também realizaram experimentos com combustíveis sustentáveis, a Gol como demonstrado na Figura 8, realizou 300 voos durante a Copa do Mundo de 2014 com misturas de 4% de querosene produzido com óleo de milho, porém, de 2014 até os dias atuais (2020) não houve significativa evolução (RIBEIRO, 2019).

Figura 8 - GOL 1408, o primeiro voo realizado com biocombustível.



Fonte: GE (2013).

Segundo Ribeiro (2019), o bioquerosene, que é, em média, 80% menos poluente que o querosene convencional, já considerando toda a logística de produção, faz com que algumas companhias no mundo optem por este combustível

como solução, sendo que em alguns lugares do mundo, como por exemplo nos Estados Unidos, onde empresas como United Airlines abastecem diariamente seus aeronaves com o combustível renovável no aeroporto de Los Angeles.

No Brasil, de certa forma o bioquerosene não é utilizado com frequência, de forma sistemática, devido a necessidade de uma posição mais forte do estado com subsídios na produção e distribuição destes combustíveis, sendo que sem essa iniciativa, esta opção nunca será viável para as empresas aéreas do Brasil.

## 2.5 BARREIRAS NA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

O biocombustível tem grande potencial no Brasil, isso se deve ao fato de possuímos um grande espaço territorial passível de diversas culturas que possibilitam a geração de biocombustíveis. Segundo a FAPESP (2013), existem algumas recomendações para produção e distribuição dos biocombustíveis no Brasil, as quais vale apenas destacar. De acordo com FAPESP (2013, p.16):

A respeito de produção e matéria-prima:

1. Pesquisa agrônômica, particularmente sobre matérias-primas não tradicionais;
2. Estabelecer políticas para criar condições adequadas para melhor uso da terra;
3. Melhorar a infraestrutura logística para o transporte de matérias-primas;
4. Avaliar o impacto a longo prazo da coleta de biomassa na água do solo e na biodiversidade;
5. Estabelecer sites que geram dados de longo prazo para apoiar as metodologias de operação de matérias-primas como uma plataforma para estudo de solo, água e biodiversidade. Além disso, o monitoramento e a medição de padrões devem ser estabelecidos;
6. Estabelecer sistemas de aplicação da lei mais rigorosos que lidam com os aspectos de sustentabilidade da produção de biocombustíveis.

Sobre tecnologias de refinação:

1. Processos de pesquisa em diferentes caminhos identificados;
2. Estabelecer plantas piloto para alternativas mais promissoras;
3. Estabelecer plantas de demonstração e comercialização avançadas.

Logística e Certificação de Biocombustíveis:

1. Preparar o conjunto brasileiro de regulamentos para aceitar biocombustíveis de acordo com o processo de aprovação da ASTM para querosene sintético;
2. Desenvolver e disseminar competências para certificação de biocombustíveis na aviação;
3. Organizar um plano de estratégia a longo prazo para a produção e distribuição de biocombustíveis a jato;
4. Organizar um plano de estratégia a longo prazo para a produção e distribuição de biocombustíveis a jato;

Se tratando de políticas:

1. Observar de perto e antecipar as ações regulatórias da ICAO;
2. Estabelecer ou regular os critérios de sustentabilidade a serem cumpridos pelos biocombustíveis da aviação no país e coordenar os padrões emergentes em todo o mundo;

3. Estabelecer um programa governamental a longo prazo para o uso integrado de biocombustíveis em todos os meios de transporte;
4. Aumentar a capacidade humana de alto nível relacionada aos biocombustíveis para a aviação;
5. Estabelecer políticas para incluir pequenos agricultores e / ou comunidades locais na cadeia de produção de biocombustíveis.

Segundo Ribeiro (2019), o problema do bioquerosene é mercadológico. O custo do bioquerosene final não é competitivo em relação ao fóssil. Mesmo que a tecnologia tenha evoluído nos últimos anos, e a diferença de preço entre o combustível sustentável e o fóssil tenha caído de 200 para 20%, ainda assim é inviável para as companhias aéreas no Brasil.

Ainda segundo Ribeiro (2019), as companhias aéreas são muito sensíveis ao custo. Qualquer variação de preço pode impactar os resultados das empresas e por isso não vão aceitar um custo diferente do combustível fóssil. Visto isso, ideias como da Noruega e Suécia, que discutem a respeito da obrigação da utilização de um percentual de bioquerosene nas operações aéreas são questionáveis. Além disto, a mistura de combustíveis na aviação não é algo bem visto, sendo que, o próprio bioquerosene, devido à baixa escala de produção acaba se tornando caro, impactando nos custos operacionais das empresas de aviação (RIBEIRO, 2019).

## 2.6 DEMANDA DE COMBUSTÍVEIS

O aumento na demanda por passagens aéreas e transporte de cargas está relacionado ao crescimento populacional ao longo dos anos, mais pessoas viajando, fazendo negócios e visitando seus familiares, porém, não só o aumento da população conduz a demanda por combustíveis aeronáuticos, a economia também é um fator crucial, já quem é ela que dita questões como transportes de cargas e viagens a negócios.

Como destaque anteriormente, nesta pesquisa, a demanda por transporte aéreo vem batendo recordes, ano após ano, chegando à marca de 100 milhões de passageiros pagos transportados em 2019 (ANAC, 2019).

O combustível de aviação é um dos principais insumos do setor, tanto do ponto de vista do tempo consumido com a operação de abastecimento, quanto sob a ótica financeira, sendo o item operacional com a maior participação na composição dos custos das companhias aéreas, tendo representado 37% dos custos totais dessa empresa em 2014 (EUFRÁSIO; NOGUEIRA; BERTONCINI; ELLER, 2018).

Eufrásio, Nogueira, Bertoncini e Eller (2018, p. 2512), afirmam:

A quantidade de combustível consumida durante a operação de uma aeronave está relacionada a diversos fatores, como tipo de aeronave, peso transportado, velocidade, distância percorrida e até condições climáticas. A eficiência no uso do combustível de aviação depende não apenas do tipo de aeronave e sua tecnologia, mas também das estratégias de operação adotadas pelas companhias aéreas e do controle de tráfego aéreo.

O crescimento da aviação leva ao aumento da demanda por combustível, desta forma, as empresas aéreas devem buscar as melhores soluções para garantir o suprimento e a segurança operacional do processo. Desta forma, nota-se a importância de garantir uma produção de combustíveis que consiga suprir a demanda do mercado.

## 2.7 SUSTENTABILIDADE

Segundo Figueiredo (2013), a tendência global de proteger o meio ambiente tem se tornado algo decisivo no planejamento estratégico das empresas de transporte aéreo. Sendo que esta tendência é resultado de alguns fatores como:

De acordo com Figueiredo (2013, p.1):

1. Aumento das pressões governamentais sobre um melhor controle e diminuição dos níveis de ruído;
2. O melhor rigor no controle e na diminuição das emissões dos gases poluentes;
3. A tendência mundial de se adotar uma legislação padronizada e abrangente para a proteção ambiental como adoção de níveis cada vez mais exigentes.

Muitas pesquisas têm sido efetuadas nesse sentido da redução do consumo de combustíveis fósseis e a sua substituição por outros mais sustentáveis, objetivando reduzir os impactos ao meio ambiente, principalmente devido à liberação de monóxido de carbono (FIGUEIREDO, 2013).

O mesmo autor comenta:

A quantidade utilizada de combustível fóssil ultrapassa em muito a que a natureza pode produzir por milhares de anos, portanto, sua disponibilidade está com os "dias contados", tornando-o mais escasso e caro ao longo do tempo. Dessa maneira é essencial sua utilização eficiente associada às pesquisas de outras fontes de combustíveis (FIGUEIREDO, 2013, p.1).

Entretanto, não basta desenvolver biocombustíveis que sejam passíveis de produção em escala, tornando os preços competitivos frente aos combustíveis fósseis, para que se conquiste a sustentabilidade, gerando impactos de forma mínima ao meio ambiente, os motores também necessitam ser otimizados, de forma a aproveitarem melhor as energias geradas por ele, os projetos das aeronaves devem ser melhorados, tornando as estruturas mais rígidas, porém, com menor peso

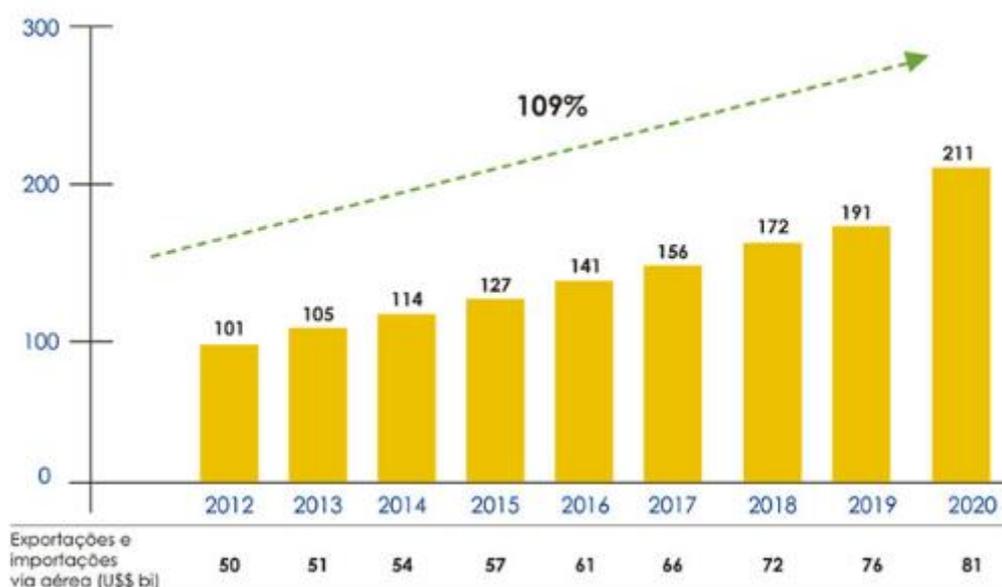
e melhor aerodinâmica, e principalmente, utilizando em sua construção materiais que impactem da “melhor” forma no meio ambiente, tudo isso refletirá no consumo de combustíveis e conseqüentemente na emissão de GEEs.

Segundo Figueiredo (2013), espera-se que com todas as soluções elaboradas pela indústria aeronáutica, quando finalmente implementadas, os motores tenham uma melhora da ordem de 15% a 20% em sua eficiência termodinâmica. O que permitirá uma redução da ordem de 16% a 18% no consumo de combustível.

É importante destacar que, a indústria de aviação é o setor de transporte que tem continuamente implementado melhoria de performance ambiental, mas as constantes melhorias tecnológicas não acompanham o incremento de emissões devido ao próprio crescimento do tráfego aéreo. As melhorias tecnológicas em emissões crescem 3% ao ano enquanto o tráfego aéreo cresce 5% (FIGUEIREDO, 2013, p.1).

O aumento na demanda por transporte aéreo de passageiro pode ser comprovado quando se analisa a Figura 9, onde nota-se um aumento de passageiros transportados de 109% ao longo de 8 anos. Desta forma é possível avaliar que não apenas o transporte de passageiros por meio aéreo elevou nos últimos anos, mas conseqüentemente o consumo de combustível aeronáutico e aliado a isso a emissão de gases poluentes na atmosfera.

Figura 9 - Potencial de passageiros transportados no Brasil (domésticos e internacionais, em milhões)  
Potencial de passageiros transportados no Brasil (domésticos e internacionais, em milhões)



Fonte: Estimativa Bain & CO (2020).

## 2.8 AS OPORTUNIDADES DO MERCADO BRASILEIRO

Atualmente o biocombustível não é competitivo em nossos mercado, isso se deve por exemplo, pela falta de tecnologia e logística que são fundamentais para que o custo da produção seja competitivo na hora da venda, possibilitando assim a sua utilização pelo mercado, porém, não é isso que acontece no Brasil, onde o custo de operação utilizando o bioquerosene se torna muito elevado quando comparado ao QAV (RIBEIRO, 2019).

### 2.8.1 Matérias Primas Para Produção de Biocombustíveis no Brasil

O Brasil se destaca mundialmente na produção de Etanol, sendo que mundialmente são produzidos 40 bilhões de litros de Etanol, sendo o Brasil responsável por 15 bilhões de litros utilizando a cana-de-açúcar como matéria prima, a qual rende 66 litros de álcool por tonelada (FRANCISCO, 2020).

#### 2.8.1.1 Etanol de cana-de-açúcar

A utilização de cana-de-açúcar para geração de Etanol no Brasil tem como dificuldade a viabilização (financeira) em regiões localizadas nos extremos do Brasil, como Sul e Norte, onde o combustível acaba sofrendo elevações de preço resultantes da logística para que este combustível chegue nestas localizações, isso acontece porque 90% da produção de cana-de-açúcar para fabricação de Etanol no Brasil está localizada nas regiões sudeste e centro-oeste e conseqüentemente este biocombustível é produzido nesta mesma região (VIDAL, 2019).

Segundo Vidal (2019), No Nordeste, o etanol de cana-de-açúcar é menos competitivo em relação às demais regiões do País devido a questões tributárias e logísticas, em 2018, Minas Gerais, Goiás, Paraná e Mato Grosso responderam por 84,4% das vendas de etanol no País, isto se tratando do setor automobilístico.

#### 2.8.1.2 Etanol de milho

De acordo com Vidal (2019), uma das vantagens de se utilizar o milho para produção de etanol é a possibilidade de o produtor garantir o preço da matéria-prima por meio de transações no mercado futuro, já que o milho é uma commodity, o que não é possível com a cana. Outro aspecto que pode ser interessante é integração da

produção de etanol de milho com a cana-de-açúcar, pois possibilitará o aproveitamento das instalações industriais no período de entressafra.

### 2.8.1.3 Etanol a partir da mandioca

Segundo NIT (2009), a raiz possui inúmeras facilidades para ser transformada em etanol, e inúmeras variedades de mandiocas podem ser utilizadas para este fim, sendo que com a tecnologia atual, é possível extrair 200 litros de álcool a cada tonelada da raiz um número muito elevado quando comparado com os 66 litros produzidos por tonelada de cana-de-açúcar.

Outro ponto positivo para a produção de biocombustíveis por meio da mandioca é a possibilidade de plantá-la juntamente com outras culturas, o que acaba otimizando a produção de determinada área cultivável (NIT, 2009).

O grande desafio da utilização de mandioca, visível na Figura 10, como matéria prima para a produção de Etanol é que a raiz possui grande concentração de água (70%) o que acaba dificultando o transporte da raiz por percursos maiores do que 600 quilômetros, sendo que para isso é necessário secá-la, tornando a uma espécie de “chips” (NIT, 2009).

De acordo com NIT (2009), a produção de Etanol a partir da mandioca, Figura 10, gera uma lucratividade energética de 67% contra 9% da cana-de-açúcar e 19% do milho, sendo assim, a mandioca entre os três produtos comparados é o que causa menor impacto no agro ecossistema de cultivo.

Figura 10 – Raiz de mandioca



Fonte: David Monniaux (2005).

A obtenção de biocombustível a partir da mandioca pode ser feita também pelas usinas de cana-de-açúcar, devido as similaridade entre os processos de

fermentação e de destilação dos dois produtos, sendo que a diferença está na etapa de moagem e no processo de sacarificação, transformando o amido em açúcar (NIT, 2009).

### **3 CUSTO E BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DE ETANOL NA AVIAÇÃO BRASILEIRA**

Existe interesse dos operadores de aeronaves em contribuir para uma aviação mais sustentável, sempre é claro, considerando a viabilidade da operação aérea com o biocombustível, uma vez que, mesmo contribuindo para redução na emissão de gases poluentes, acaba sendo inviável em algumas regiões do Brasil.

De acordo com Capdeville (2018), a principal vantagem na utilização de biocombustível, produzido de biomassa, é que ele é responsável por emissões muito menores do que o combustível fóssil. Porém, o biocombustível não tem sido produzido a um preço competitivo quando comparados a derivados de petróleo.

Nem toda bioenergia é energia sustentável, portanto, os combustíveis devem ser desenvolvidos seguindo critérios de sustentabilidade e de verificação para atenderas necessidades da indústria da aviação, onde toda cadeia pode se beneficiar, do produtor da matéria-prima as usinas de destilação (FAPESP, 2013).

Segundo a Fapesp (2013), no Brasil, cerca da metade da energia primária total vem de fontes renováveis, principalmente de hidrelétricas, de cana-de-açúcar e de madeira. A importância da bioenergia de cana-de-açúcar é alta, representando 15,7% em 2011, onde no setor rodoviário foi responsável por 19% do consumo total de energia no mesmo ano.

O Brasil, como já demonstrado, possui uma vasta experiência quando o assunto é biocombustíveis, o que torna interessante a proposta de se utilizar o combustível renovável nas operações aéreas, contudo, a aviação regular acaba sofrendo com os altos custos gerados pelas operações com o bioquerosene, se tornando inviável para o nosso mercado. Porém a realidade é outra quando se estuda diferentes ramos da aviação, com o caso do setor agrícola, o qual possui mais de 30% da frota de aeronaves do modelo Embraer Ipanema operando exclusivamente com o Etanol (FAPESP, 2013).

O Brasil tem gargalos importantes em logística e necessidades para o transporte de matéria-prima como de biocombustível para superar as barreiras e ajudar a fazer um biocombustível competitivo no mercado. O consumo de biocombustível de aviação é especialmente concentrado na região Sudeste do Brasil, em cidades não muito distantes do litoral, e por outro lado, existe uma vasta extensão no interior do Brasil, onde a chegada desse biocombustível se torna inviável, sendo necessário a realização de investimentos para se otimizar a logística do biocombustível pronto para utilização, ou do transporte de matéria-prima para as usinas (FAPESP, 2013).

No Brasil, em torno de 30% da frota de aeronaves modelo Ipanema é formada pelo EMB-202-A movido a etanol. Sendo 600 aviões, utilizando 21,6 milhões de litros de etanol que retornam uma redução de U\$ 13,5 milhões por ano no custo operacional dos operadores (FIGUEIREDO, 2013).

Tanto a produção como a utilização do biocombustível proporcionam resultados benéficos ao meio ambiente, gerando renda, estimulando a agricultura nacional e a economia interna, uma vez que se tem uma redução na importação de combustíveis fósseis. Mesmo com o avanços dos atuais biocombustíveis, como Etanol, para se obter resultados nas emissões de GEEs pelo setor aeronáutico, é necessário que essas fontes de energias possuam requisitos técnicos da aviação, e como forma de obter melhores resultados operacionais, ambientais e econômicos, a sua utilização deveria ser feita com a mistura deste biocombustível ao combustível fóssil, de origem vegetal, desta forma, será possível manter a capacidade de operação dos motores sem que haja grandes alterações nos projetos, no transporte e armazenamento, e o mais importante, se quem haja necessidade de se realizar alterações nas infraestruturas aeroportuárias.

Notou-se a preocupação de empresas aéreas com a viabilidade de utilização dos combustíveis sustentáveis, e que ainda existe muito caminho a ser percorrido até que se obtenha a viabilidade necessária para implementar o bioquerosene na aviação regular. Contudo, na aviação de pequeno porte, aquela que utiliza o motor a pistão (Ciclo Otto) como principal propulsor, o combustível fóssil misturado ao biocombustível pode trazer resultados financeiros e ambientais.

## 4 DANOS CAUSADOS AO MEIO AMBIENTE DECORRENTES DA OPERAÇÃO AÉREA EM TERRITÓRIO BRASILEIRO

### 4.1 ALTERAÇÃO DA QUALIDADE DO AR LOCAL

Segundo Galeski (2019), a poluição do ar pode ser entendida como a degradação da qualidade ambiental da atmosfera, resultante de atividades que de forma direta ou indiretamente degradam o meio ambiente, lançando matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecido. As atividades aéreas, as quais utilizam motores térmicos, equipamentos de apoio em solo, sistemas de manipulação e armazenamento de combustível, procedimentos de teste de motores e o tráfego automotivo que envolve necessidades da operação aérea em solo, são as principais fontes de contaminação do ar causada pela atividade aérea, principalmente em zonas aeroportuárias de grande movimentação, como Congonhas por exemplo.

Galeski (2019), destaca que, a maioria dos componentes químicos produzidos pelos processos industriais que são lançados no ar, não são detectadas pelos seres humanos. O dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), por exemplo, que não possui odor, impedindo que o real grau de poluição do ar possa ser percebido pela população, porém, isso não significa que não esteja ali afetando a saúde da população. O querosene é sem dúvida o principal combustível utilizado em todos o mundo por aeronaves, e os gases resultantes da queima deste combustível são parecidas com os emitidos por veículos automotivos. A combustão de combustíveis de hidrocarbonetos em motores a jato produz dióxido de carbono, vapor d'água, hidrocarbonetos, monóxido de carbono, carbono, particular conhecidas como fuligem de fumaça, óxido de nitrogênio, dióxido de enxofre entre outras partículas poluentes.

A aviação é responsável pelo consumo de cerca de 3% dos combustíveis fósseis do planeta e por 12% das emissões de gás carbono relacionadas e transporte, segundos dados reunidos em estudos do Laboratório para Aviação e Meio Ambiente, do Massachusetts Institute of Technology (MIT), dos Estados Unidos, além do gás carbônico, o trânsito de aviões também gera emissão de outros poluentes, afetando a qualidade e alterações climáticas (GALESKI, 2019).

## 4.2 POLUIÇÃO D'ÁGUA

Sem dúvida a água é um dos recursos mais valiosos do planeta terra, sendo ela essencial para a sobrevivência e continuidade da raça humana. À medida que a população mundial aumenta, o crescimento exige a ocupação de novas áreas, o que vem ocorrendo cada vez mais de forma desordenada, gerando diversas situações que impactam o meio ambiente. Todas essas atividades acabam deteriorando recursos como águas naturais, causando riscos para quem consumir esta água (GALESKI, 2019).

A operação aérea pode contribuir para a degradação da qualidade e a redução da quantidade das águas subterrâneas ou águas de superfícies. Essa qualidade pode ser afetada pela adição de materiais orgânicos ou inorgânicos solúveis ou insolúveis em rios, córregos, lençóis freáticos, resultando em uma fonte de água que é insuficiente para sustentar a vida aquática e outros sistemas que dependem dela, como pesca, e o próprio consumo destas águas (GALESKI, 2019, p. 24).

## 5 BIOCOMBUSTÍVEIS VERSUS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

Combustíveis fósseis é a denominação dada a um grande grupo de combustíveis não renováveis e que foram formados a milhares de anos a partir de restos de animais e vegetais. O petróleo, em sua forma bruta é uma complexa mistura de hidrocarbonetos e apresenta composição variada, contendo enxofre, nitrogênio, oxigênio e metais, e que em seu estado bruto tem pouquíssimas aplicações (BIZERRA et al., 2018).

Conforme Bizerra et al. (2018), fatores como a poluição atmosféricas e das águas levaram empresas a buscarem alternativas viáveis aos combustíveis fósseis, os principais motivos para a execução dessas pesquisas, entretanto não está na poluição que os combustíveis fósseis geram, mas devido ao fato de suas reservas serem limitadas, ou seja, finitas. Dentro desse contexto, algumas alternativas vêm se mostrando vantajosas, como a produção de biocombustíveis, combustíveis produzidos a partir de recursos naturais, como a biomassa e óleo de origem animal, biodiesel e o etanol por exemplo.

Aspectos químicos da fonte energética podem ser apresentados como evidência na redução de emissões de gases do efeito estufa, quando o combustível queimado é do tipo renovável, ou seja, um biocombustível. Isso acontece uma vez

que o principal causador do efeito estufa é o CO<sub>2</sub>, que é um produto formado da combustão de combustíveis fósseis, o que acaba sendo minimizado durante a queima de biocombustíveis (BIZERRA et al., 2018).

Aspectos socioeconômicos da fonte de energia podem ser apresentados as vantagens da utilização de biocombustível, já que a fonte energética apresenta vantagens na área ambiental e econômica, uma vez que desenvolve toda uma cadeia, desde o produtor da matéria prima até a distribuição para consumo final (BIZERRA et al., 2018).

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo geral desse trabalho foi conhecer os principais biocombustíveis passíveis de serem utilizados na aviação brasileira, atualmente, contribuindo com o meio ambiente e com a economia nacional. Optou-se pela pesquisa descritiva com abordagem qualitativa, com a coleta de dados realizada através de pesquisa bibliográfica e documental.

Constatou-se que os principais danos causados pela queima de combustíveis nas operações aéreas no Brasil são a poluição do ar local e da atmosfera por gases tóxicos para a saúde humana, e que as vezes se tornam imperceptíveis para a população, já que não possuem nenhum tipo de odor, o que os torna mais perigosos ainda, se tornando riscos invisíveis à saúde humana. De certa forma, o fato desses gases poluentes não serem percebidos pela população em geral, acaba despreocupando a mesma, pois, se não é visto (sentido olfativamente), logo não é lembrado, e desta forma acaba não recebendo a devida atenção, atenção essa que poderia servir como pressão pública para que mudanças ocorressem. Outra agressão ao meio ambiente causada pela atividade no espaço aéreo brasileiro e também em operações em solo relacionadas a operação aérea é nas águas, essa que por sua vez se torna de extrema importância para a continuidade da raça humana, uma vez que nosso organismo é totalmente dependente deste para a sua sobrevivência, assim como o oxigênio. Tanto águas localizadas nas superfícies quanto em lençóis subterrâneos sofrem os impactos da queima de combustíveis fósseis, pois estes liberam metais pesados no meio ambiente, que por sua vez

contaminam as fontes hídricas utilizadas pelas populações ao redor de aeroportos, causando risco para a saúde de quem a consome.

Constatou-se que a principal matéria prima que é promissora para a produção de biocombustíveis em grande escala em território brasileiro é de fato a cana-de-açúcar, principalmente nas regiões sudeste e centro-oeste do Brasil, onde o clima se torna mais favorável para a produção. Contudo, outras matérias primas também podem ser produzidas em território nacional, como a mandioca, que possui como vantagem a possibilidade de se produzir com outras culturas e produzir uma maior quantidade de álcool por tonelada.

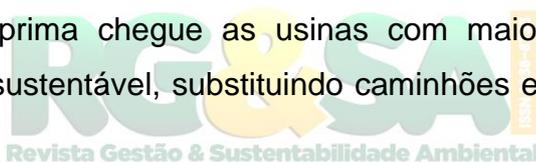
As vantagens de se produzir biocombustíveis em território nacional são muitas, como o incentivo da agricultura nacional, desenvolvendo economicamente o nosso mercado, uma vez que se reduz a necessidade de importar combustíveis fósseis para uso aeronáutico, além é claro dos benefícios ambientais que o uso dessa fonte energética proporcional, uma vez que emitem menos gases poluentes a nossa atmosfera.

Constatou-se que o principal biocombustível disponível no mercado brasileiro é o Etanol, que é frequentemente utilizado por aeronaves com motor a pistão na aviação agrícola, como o modelo Embraer Ipanema. A utilização de etanol na aviação leve traz vantagens econômicas e operacionais, já que o Etanol possui preço inferior ao da gasolina de aviação, reduz a quantidade de gases poluentes na atmosfera, além de ser um combustível de fácil acesso, disponível em postos de gasolina espalhados em todo território nacional. O ponto negativo do Etanol é a sua concentração na produção, desta forma o produto acaba chegando a regiões mais extremas do Brasil com um preço não muito competitivo frente ao AVGAS, contudo, misturando apenas 10% de Etanol ao AVGAS, já é possível obter resultados econômicos e ambientais satisfatórios.

Outro biocombustível encontrado no mercado nacional é o Diesel Verde (Green Diesel) sendo este um combustível renovável para motores a combustão de ciclo diesel, produzido a partir de matérias-primas renováveis como gorduras de origem animal e vegetal, cana-de-açúcar, biomassa entre outras possibilidades. Atualmente a ANP obriga a adição de 12% de Diesel Verde ao Diesel produzido a partir de fontes não renováveis (fósseis), contudo, não é muito utilizado em operações aeronáuticas.

O bioquerosene por sua vez é derivado de biomassa renovável, e utilizado em motores turbopropulsores aeronáuticos, já sua utilização na aviação regular brasileira, ainda não é ampla, sendo poucas as vezes onde testes foram realizados por companhias aéreas como LATAM, Gol e Azul, onde durante estes testes foram observados resultados satisfatórios quanto a análise ambiental, porém, uma grande elevação nos custos operacionais, devido ao fato de ser um combustível caro de se produzir, já que não possui uma escala de produção competitiva, o que torna as operações com bioquerosene de aviação até 20% mais caras do que com o querosene fóssil tradicionalmente utilizado.

Constatou-se que as principais dificuldades são a produção de matéria prima, onde será necessário realizar investimentos em pesquisa agrônômica, particularmente sobre matérias-primas não tradicionais; Estabelecer políticas adequadas para melhor uso da terra, objetivando um crescimento de produção de forma sustentável, uma vez que toda cadeia deve ser sustentável, não apenas o nome do biocombustível; Melhorar a infraestrutura logística no território nacional, para que a matéria prima chegue as usinas com maior agilidade e em maior quantidade de forma sustentável, substituindo caminhões em rodovias por trens por exemplo.



Quanto a utilização deste biocombustível na aviação brasileira, existem dificuldades como certificação do biocombustível e a sua logística, que são os pontos chave, considerando que será necessário preparar um conjunto brasileiro de regulamentos para aceitar os biocombustíveis, de acordo com o processo de aprovação da ASTM para querosene sintético, além dos estudos para utilização e aprovação do Etanol misturado ao AVGAS em motores ciclo Otto; Desenvolver e disseminar competências para certificações de biocombustíveis na aviação e organizar um plano estratégico a longo prazo para a produção e distribuição de biocombustível a jato e a pistão.

Quando o assunto é certificação aeronáutica, muitos processos burocráticos são necessários para que seja possível obter o sucesso, dentre eles, será importante observar de perto e antecipar as ações regulatórias impostas pela OACI, estabelecer os critérios de sustentabilidade a serem cumpridos pelos produtores de biocombustíveis para aviação no país, estabelecer programas governamentais a longo prazo para o uso integrado de biocombustíveis em todos meios de transporte.

Aumentar a capacidade humana de alto nível relacionada aos biocombustíveis para aviação. Entende-se ainda ser necessário estabelecer políticas públicas que incluam pequenos agricultores na cadeia de produção de matérias primas para utilização na produção de biocombustíveis sustentáveis, uma vez que a sustentabilidade não está apenas na agressão ao meio ambiente, mas sim em toda cadeia produtiva.

## REFERÊNCIAS

AIR TRANSPORT ACTION GROUP. **Beginner's guide to aviation biofuels**. Geneva: Atag, 2009. Disponível em: <<http://www.atag.org>>. Acesso em: 31 jul 2020.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. **Mais de 103 milhões de passageiros foram transportados em 2018 por empresas brasileiras**: resultado foi o segundo maior nível anual da série histórica iniciada em 2000. Resultado foi o segundo maior nível anual da série histórica iniciada em 2000. 2019. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/noticias/2019/mais-de-103-milhoes-de-passageiros-foram-transportados-em-2018-por-empresas-brasileira>. Acesso em: 27 jul. 2020.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (Brasil). **ANP inicia consulta sobre diesel verde**. 2020. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/noticias/5655-anp-inicia-consulta-sobre-diesel-verde>. Acesso em: 02 ago. 2020.

ANP, Agência Nacional do Petróleo. **Combustíveis de aviação**: querosene de aviação. Querosene de Aviação. 2019. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/petroleo-derivados/155-combustiveis/1856-combustiveis-de-aviacao>. Acesso em: 28 jul. 2020

AUTOPAPO (Brasil). **Diesel verde, feito de gorduras e cana, pode ser aprovado no Brasil**: anp inicia processo de consulta pública para regulamentar o novo biocombustível; objetivo é atenuar a emissão de gases geradores do efeito estufa. ANP inicia processo de consulta pública para regulamentar o novo biocombustível; objetivo é atenuar a emissão de gases geradores do efeito estufa. 2020. Disponível em: <https://autopapo.uol.com.br/noticia/diesel-verde/>. Acesso em: 03 ago. 2020.

BIANCHINI, Denis. **Conhecimentos Técnicos**: aviões. 3. ed. São Paulo: Editora Bianch, 2017. 292 p.

BIZERRA, Ayla Márcia Cordeiro et al. **O IMPACTO AMBIENTAL DOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E DOS BIOCMBUSTÍVEIS: AS CONCEPÇÕES DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO SOBRE O TEMA**. Revista Brasileira de Educação Ambiental, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 299-315, out. 2018. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/download/2502/1562/>. Acesso em: 11 set. 2020.

CAPDEVILLE, Guy de (Brasil). Embrapa Agroenergia. Artigo - **O desafio da disponibilização sustentável de novas biomassas para a produção de biocombustíveis de aviação**. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34190475/artigo---o-desafio-da-disponibilizacao-sustentavel-de-novas-biomassas-para-a-producao-de-biocombustiveis-de-aviacao>. Acesso em: 31 ago. 2020.

CARNEIRO, PRISCILA DE OLIVEIRA (Brasil). **Combustíveis fósseis**. 2018. Disponível em: <https://siteantigo.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/combustiveis-fosseis/56940>. Acesso em: 04 ago. 2020.

CBIE - CENTRO BRASILEIRO DE INFRAESTRUTURA (Rio de Janeiro). **Como funciona a Destilação do Petróleo?** 2019. Disponível em: <https://cbie.com.br/artigos/como-funciona-a-destilacao-do-petroleo/>. Acesso em: 31 jul. 2020.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN. Pedro Alcino. **Metodologia científica:** para uso dos

CGEE. **Biocombustíveis aeronáuticos: progressos e desafios.** Série documentos técnicos, Rio de Janeiro, v. 11, n. 08, p. 349, abr. 2010.

**CONEXÃO INTERNACIONAL.** Brasília: Agência Nacional de Aviação Civil (Anac), v. 2, n. 2, Não é um mês válido! 2018. Semestral. Disponível em: [https://www.anac.gov.br/A\\_Anac/internacional/publicacoes/revista-conexao-internacional/revista-conexao-internacional-4ed](https://www.anac.gov.br/A_Anac/internacional/publicacoes/revista-conexao-internacional/revista-conexao-internacional-4ed). Acesso em: 28 jul. 2020.

**COWSPIRACY:** o segredo da sustentabilidade. Diretor: Kip Andersen, Keegan Kuhn. Produtor: Kip Andersen, Keegan Kuhn, Leonardo DiCaprio. 2014.

D'AVIGNON, A. **Economia das Mudanças Climáticas.** In: 1º Seminário Internacional. Aviação e Mudanças Climáticas: Atualidades e Perspectivas... RELATÓRIO. p. 1-3. 2008. DP & A, 1999.

DUPIM, Tiago. **UM VOO DO ETANOL À ELETRECIDADE:** o brasil começa a desenvolver a tecnologia que pode levar os aviões elétricos para o agronegócio. O Brasil começa a desenvolver a tecnologia que pode levar os aviões elétricos para o agronegócio. 2020. Disponível em: <http://plantproject.com.br/novo/2020/03/um-vo-do-etanol-eletricidade/>. Acesso em: 02 ago. 2020.

ECO (Rio de Janeiro). **GASES do efeito estufa:** dióxido de carbono (co2) e metano (ch4). dicionário ambiental. Dióxido de Carbono (CO2) e Metano (CH4). Dicionário Ambiental. 2014. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28261-gases-do-efeito-estufa-dioxido-de-carbono-co2-e-metano-ch4/>. Acesso em: 28 jul. 2020.

EMBRAER (Brasil). **EMBRAER APRESENTA VERSAO DO AVIAO IPANEMA COM MOTOR A ALCOOL.** 2002. Disponível em: <https://embraer.com/br/pt/noticias?slug=1864-embraer-apresenta-versao-do-aviao-ipanema-com-motor-a-alcool>. Acesso em: 31 jul. 2020.

EMBRAER (Brasil). **Embraer celebra dez anos do Ipanema movido a etanol.** 2014. Disponível em: <https://embraer.com/br/pt/noticias?slug=293-embraer-celebra-dez-anos-do-ipanema-movido-a-etanol>. Acesso em: 02 ago. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **O que são combustíveis?** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/o-que-sao-combustiveis>. Acesso em: 30 jul. 2020. estudantes universitários. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983

EUFRÁSIO, Ana Beatriz Rebouças; NOGUEIRA, Ícaro Maurício; BERTONCINI, Bruno Vieira; ELLER, Rogéria de Arantes Gomes. **PREVISÃO DE DEMANDA POR COMBUSTÍVEL DE AVIAÇÃO ATRAVÉS DA DEMANDA POR TRANSPORTE AÉREO.** In: 32º CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET, 32., 2018, Gramado. Anais [...] . Gramado: Departamento de Transporte Aéreo - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2018. p. 1-12. Disponível em: [http://146.164.5.73:30080/tempsite/anais/documentos/2018/Modelos%20e%20Tecnicas%20de%20Planejamento%20de%20Transportes/Modelagem%20no%20Planejamento%20de%20Transportes/3\\_167\\_AC.pdf](http://146.164.5.73:30080/tempsite/anais/documentos/2018/Modelos%20e%20Tecnicas%20de%20Planejamento%20de%20Transportes/Modelagem%20no%20Planejamento%20de%20Transportes/3_167_AC.pdf). Acesso em: 03 ago. 2020.

FAPESP (Brasil) (org.). **PLANO DE VOO PARA BIOCMBUSTÍVEIS DE AVIAÇÃO NO BRASIL:** plano de ação. PLANO DE AÇÃO. 2013. Disponível em: <http://www.fapesp.br/publicacoes/plano-de-vo-biocombustiveis-brasil-pt.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2020.

FARIA, FLÁVIA (Brasil). Folha de São Paulo. **Coronavírus provoca redução de 90% dos voos no Brasil, mais que média global:** continente mais afetado foi a América do Sul, onde

países foram ágeis ao fechar fronteiras aéreas. Continente mais afetado foi a América do Sul, onde países foram ágeis ao fechar fronteiras aéreas. 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2020/04/coronavirus-provoca-reducao-de-90-dos-voos-no-brasil-mais-que-media-global.shtml>. Acesso em: 05 ago. 2020.

FIGUEIREDO, Luiz Alberto Gomes. **Motores e combustíveis de aviação**: o impacto do abastecimento no transporte aéreo e a busca por alternativas ao jet fuel e à avgas. O impacto do abastecimento no transporte aéreo e a busca por alternativas ao Jet Fuel e à Avgas. 2013. Disponível em: [https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/motores-e-combustiveis-de-aviacao\\_808.html](https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/motores-e-combustiveis-de-aviacao_808.html). Acesso em: 31 jul. 2020.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e (2020). **Etanol**: o etanol é um biocombustível muito utilizado em automóveis, ele é obtido através do cultivo de plantas, como a beterraba e o milho.. O etanol é um biocombustível muito utilizado em automóveis, ele é obtido através do cultivo de plantas, como a beterraba e o milho.. 2020. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/etanol.htm#:~:text=O%20etanol%20pode%20ser%20obtido,utilizada%2C%20pois%20apresenta%20maior%20produtividade..> Acesso em: 25 ago. 2020.

GALESKI, Edimara de Fátima . **IMPACTOS AMBIENTAIS DAS OPERAÇÕES AEROPORTUÁRIAS**. 2019. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Aeronáuticas, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2019. Disponível em: [https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/9058/Edimara\\_TCC%20Vers%c3%a3o%20Final%20PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/9058/Edimara_TCC%20Vers%c3%a3o%20Final%20PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 11 set. 2020.

GARBIN, Rafael Borne; HENKES, Jairo Afonso. **A Sustentabilidade na produção de Biocombustíveis de Aviação no Brasil**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental. DOI:10.19177/rgsa.v7e2201867-104 Disponível em:

[http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/6201/3745](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6201/3745)  
<Acesso em: 20 out 2020>.

GOLDENBERG, Mirian. **A arte de pesquisar**: como fazer pesquisa 8ªed. qualitativa em ciências sociais. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora Record, 2004. 57 p. Disponível em: <https://www.ufjf.br/labesc/files/2012/03/A-Arte-de-Pesquisar-Mirian-Goldenberg.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2020.

HOMA, Jorge M. **Aeronaves e motores**: conhecimentos técnicos. 37. ed. São Paulo: Asa Edições e Artes Gráficas Ltda., 2017. 187 p.

MACIEL FILHO, Rubens. **Processo de Produção de Bioquerosene**. 2009. Disponível em: [https://www.inova.unicamp.br/sici/visoes/ajax/ax\\_pdf\\_divulgacao.php?token=LxINZblx](https://www.inova.unicamp.br/sici/visoes/ajax/ax_pdf_divulgacao.php?token=LxINZblx). Acesso em: 03 ago. 2020.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **TEORIA, MÉTODOS E CRIATIVIDADE**. 21. ed. Petrópolis, Rj: Editora Vozes, 2002. 80 p. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/franciscovargas/files/2012/11/pesquisa-social.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2020.

NUCLEO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (NIT) (Ceará). Universidade Estadual do Ceará (org.). **Produção de etanol a partir da mandioca pode ser mais barata do que com a cana**. 2009. Disponível em: [http://uece.br/nit/index.php?option=com\\_content&view=article&id=742:producao-de-etanol-a-partir-da-mandioca-pode-ser-mais-barata-do-que-com-a-cana&catid=31:lista-de-noticias#:~:text=Com%20a%20tecnologia%20atual%2C%20cada,no%20meio%20ambiente%E2%80%9D%2C%20completa..](http://uece.br/nit/index.php?option=com_content&view=article&id=742:producao-de-etanol-a-partir-da-mandioca-pode-ser-mais-barata-do-que-com-a-cana&catid=31:lista-de-noticias#:~:text=Com%20a%20tecnologia%20atual%2C%20cada,no%20meio%20ambiente%E2%80%9D%2C%20completa..) Acesso em: 25 ago. 2020.

PETROBRAS (Brasil). **Gasolina de Aviação**: informações técnicas. Informações Técnicas. 2014. Disponível em:

<http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/gasolina-de-aviacao-GAV-Informacoes-Tecnicas.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2020.

PETROBRAS (Brasil). Informações Técnicas. **ÓLEO DIESEL**. 2018. Disponível em: <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/diesel-manual.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2020.

PETROBRAS (Brasil). **QUEROSENE DE AVIAÇÃO**: informações técnicas. Informações Técnicas. 2019. Disponível em: <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/informacoes-tecnicas-qav.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2020.

RIBEIRO, Gustavo (Brasil). Gazeta do Povo. **Brasil é apenas um espectador no avanço dos biocombustíveis para aviões**. 2019. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/bioqav/brasil-e-apenas-um-espectador-no-avanco-dos-biocombustiveis-para-avioes-280319>. Acesso em: 03 ago. 2020.

SÁNCHEZ, ÁLVARO (Bruxelas). El País. **A fumaça ruim que ameaça a aviação e envergonha os passageiros**: movimento juvenil contra a mudança climática e a criação de novos impostos na união europeia tentam desestimular as viagens aéreas. Movimento juvenil contra a mudança climática e a criação de novos impostos na União Europeia tentam desestimular as viagens aéreas. 2019. Disponível em: [https://brasil.elpais.com/brasil/2019/06/21/ciencia/1561139209\\_974079.html#:~:text=Mais%20informa%C3%A7%C3%B5es&text=As%20emiss%C3%B5es%20da%20avia%C3%A7%C3%A3o%20representam,efeito%20estufa%20da%20atividade%20humana..](https://brasil.elpais.com/brasil/2019/06/21/ciencia/1561139209_974079.html#:~:text=Mais%20informa%C3%A7%C3%B5es&text=As%20emiss%C3%B5es%20da%20avia%C3%A7%C3%A3o%20representam,efeito%20estufa%20da%20atividade%20humana..) Acesso em: 04 ago. 2020.

SANTOS, Antonio Raimundo dos . **Metodologia científica**: a construção do conhecimento. Rio de Janeiro: Dp&a, 2004. 167 p.

SOARES, Felipe et al. **ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL**. 2019. 36 f. Monografia (Especialização) - Curso de Economia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/eventos/bisus/6-energia-limpa-e-acessivel.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2020.

VIDAL, Maria de Fatima . **PRODUÇÃO E USO DE BIOCMBUSTÍVEIS NO BRASIL**. Caderno Setorial Etene, Nordeste, v. 79, n. 4, p. 1-13, mar. 2019. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/documents/80223/5014256/78\\_Biocombustiveis.pdf/e0dc0c8c-e995-16ec-d63c-d477f80e0131](https://www.bnb.gov.br/documents/80223/5014256/78_Biocombustiveis.pdf/e0dc0c8c-e995-16ec-d63c-d477f80e0131). Acesso em: 25 ago. 2020.