



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
MARIA VITÓRIA DIAS COUTINHO ZAMPAR

BIOCOMBUSTÍVEIS NO FUTURO DA AVIAÇÃO

PALHOÇA

2019

MARIA VITÓRIA DIAS COUTINHO ZAMPAR

BIOCOMBUSTÍVEIS NO FUTURO DA 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.

Orientador: Prof. Marcos Fernando Severo de Oliveira, Esp.

PALHOÇA

2019

MARIA VITÓRIA DIAS COUTINHO ZAMPAR

BIOCOMBUSTÍVEIS NO FUTURO DA 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 2019

Orientador: Prof. Marcos Fernando Severo de Oliveira, Esp.
UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

Prof^ª. Patrícia da Silva Meneghel, Dra.
UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

Dedico este trabalho à Deus e aos meus pais,
sem eles nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao que permite que todas as coisas aconteçam, nosso Deus. Em segundo lugar aos meus pais Edgard e Solange, que contribuíram para a construção dos meus valores e sempre estiveram ao meu lado me apoiando e incentivando sem medir esforços.

Agradeço também à minha família, pelos momentos de ausência, aos meus professores e por fim, ao meu orientador que compartilhou dos seus conhecimentos me tirando dúvidas e corrigindo-me no decorrer deste trabalho.

Todos foram fundamentais para a realização deste TCC que significa mais uma importante etapa concluída em minha vida acadêmica. O meu muito obrigada à todos.

RESUMO

Com o crescimento da preocupação mundial quanto às emissões de gases poluentes, diversos setores econômicos estão buscando formas de energia alternativas. No setor da aviação, estas formas alternativas de energia estão sendo avaliadas e o biocombustível mostra-se uma interessante alternativa para reduzir as emissões de gases do efeito estufa, já que o setor de transporte aéreo está em constante crescimento, com consumo cada vez mais alto de combustível fóssil, os impactos sobre o meio ambiente já são altamente nocivos. Aliado a isso, a escassez de fontes para combustíveis fósseis e o alto preço do petróleo também têm sido considerados para justificar a importância que tem sido dada a pesquisas com biocombustíveis para a aviação. Este trabalho trouxe a discussão sobre o futuro dos combustíveis na aviação e objetivou conhecer as principais fontes de biocombustíveis utilizadas na aviação que podem substituir os utilizados atualmente, que são derivados de combustíveis fósseis, sendo assim, reduzindo os impactos causados ao meio ambiente. Na metodologia, caracteriza-se como uma pesquisa exploratória e o procedimento para coleta de dados caracteriza-se como bibliográfico e documental, fundamentado em artigos, livros, revistas, documentos virtuais, reportagens, regulamentos e leis. A abordagem utilizada foi de natureza qualitativa e quantitativa. A análise dos dados foi feita por meio dos assuntos apresentados de acordo com a fundamentação teórica. A análise dos dados leva a conclusão de que os biocombustíveis são um fonte limpa e renovável de energia e que existem muitas fontes de combustíveis sustentáveis capazes de serem utilizadas na aviação e que podem substituir os atuais combustíveis fósseis, na busca do desenvolvimento de uma aviação mais sustentável e comprometida com a preservação do meio ambiente. Mas embora os biocombustíveis para a aviação já sejam uma realidade, seu custo é muito alto, portanto ainda é necessário muitos recursos financeiros e incentivos governamentais no sentido de desenvolver novas tecnologias para que se possa produzir biocombustível em larga escala com preço similar ao combustível utilizado hoje, tornando o produto competitivo e atraente para os operadores aéreos.

Palavras-chave: Aviação. Biocombustíveis. Sustentabilidade. Meio Ambiente.

ABSTRACT

With the growing worldwide concern about emissions of polluting gases, various economic sectors are seeking alternative forms of energy. In the aviation sector, these alternative forms of energy are being evaluated and biofuel is an interesting alternative to reduce greenhouse gas emissions, as the air transport sector is constantly growing, with increasing consumption of fossil fuels, impacts on the environment are already highly harmful. In addition, the scarcity of fossil fuel sources and the high price of oil have also been considered to justify the importance that has been given to aviation biofuel research. This undergraduate thesis discussed the future of aviation fuels and aimed to know the main sources of biofuels used in aviation that can replace those currently used, which are derived from fossil fuels, thus reducing the impacts caused to the environment. In the methodology, it is characterized as an exploratory research and the procedure for data collection is characterized as bibliographic and documentary based on articles, books, magazines, virtual documents, reports, regulations and laws. The approach used was qualitative and quantitative. Data analysis was performed through the subjects presented according to the theoretical foundation. By analyzing the results obtained, it can be concluded that biofuels are a clean and renewable source of energy and that there are many sources of sustainable fuels that can be used in aviation and can replace current fossil fuels, with the idea of developing a more sustainable aviation, and committed to the preservation of the environment. But while aviation biofuels are already a reality, much financial resources and government incentives are still needed to develop new technologies to produce large-scale biofuels at a price similar to the fuel used today, making the product competitive and attractive for air operators.

Keywords: Aviation. Biofuels. Sustainability. Environment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Comparação entre o Querosene e o Bioquerosene..... | 13 |
| Gráfico 1 - Projeção de Emissão de Gases do Efeito Estufa do Setor Aeronáutico..... | 29 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEAR: Associação Brasileira das Empresas Aéreas

ANAC: Agência Nacional de Aviação Civil

ANP: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível

ASTM: *American society for testing and materials* (Sociedade Americana de testes e materiais)

CO2: Gás Carbônico

ICAO: *International Civil Aviation Organisation* (Organização Internacional de Aviação Civil)

IATA: *International Air Transport Association* (Associação Internacional de Transporte Aéreo)

GEE: Gases de Efeito Estufa

UBRABIO: União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene

UNICA: União da Indústria de Cana-de-açúcar

QAV: Querosene de Aviação

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 10 |
| 1.1 PROBLEMA DA PESQUISA | 14 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 14 |
| 1.2.1 Objetivo Geral..... | 14 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 14 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA | 15 |
| 1.4 METODOLOGIA..... | 16 |
| 1.4.1 Natureza e Tipo da Pesquisa..... | 16 |
| 1.4.2 Materiais e Métodos..... | 16 |
| 1.4.3 Procedimento de Coleta de Dados..... | 17 |
| 1.4.4 Procedimento de Análise dos Dados | 17 |
| 1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO | 17 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA □ .. | 19 |
| 2.1 DEFINIÇÃO DE SUSTENTABILIDADE..... | 18 |
| 2.2 DEFINIÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL..... | 19 |
| 2.2.1 Biocombustíveis Usados na Aviação | 19 |
| 2.2.2 Certificação do Biocombustível de Aviação | 21 |
| 2.2.3 Matérias-primas Utilizadas para a Produção de Biocombustível de Aviação..... | 22 |
| 2.3 DEMANDA E CUSTO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS..... | 23 |
| 2.4 USO DO BIOQUEROSENE NA AVIAÇÃO BRASILEIRA | 24 |
| 2.5 USO DO BIOQUEROSENE NO EXTERIOR | 25 |
| 2.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO BIOCOMBUSTÍVEL PARA A AVIAÇÃO..... | 27 |
| 2.7 DESEMPENHO BIOQUEROSENE X QUEROSENE | 28 |
| 2.8 EMISSÕES ATUAIS E FUTURAS | 28 |
| 2.9 METAS..... | 29 |
| 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 31 |
| REFERÊNCIAS | 33 |

1 INTRODUÇÃO

Assim como os séculos 18 e 19 entraram para a história pela corrida industrial e o século 20 pela corrida ao espaço, é bastante provável que o século 21 fique conhecido pela busca incessante por tecnologias verdes.

Os aviões têm fama de causar impactos ambientais capazes de interferir nas mudanças climáticas. De olho no futuro e na redução desses impactos, o mercado de transporte aéreo aposta em alternativas e tecnologias que ofereçam experiências mais amigáveis ao meio ambiente.

As mudanças climáticas decorridas das emissões de gases de efeito estufa (GEE) juntamente com a iminente escassez das fontes de combustíveis fósseis têm impulsionado a busca por fontes de energias alternativas e eficientes nos mais diversos setores produtivos, incluindo o setor aeronáutico. Apesar de o efeito estufa ser um fenômeno natural, a atividade humana tem elevado as concentrações dos GEE na atmosfera de forma preocupante.

Segundo a Organização Internacional de Aviação Civil (ICAO), o transporte aéreo é responsável por cerca de 2% das emissões de dióxido de carbono (CO₂) no mundo. Apesar do baixo índice de emissão, o setor aéreo contribui com as emissões mais prejudiciais por conta da incidência direta em grandes altitudes sobre a concentração de gases do efeito estufa o que leva a uma intensificação do fenômeno do aquecimento global. E se o setor continuar crescendo nas velocidades atuais, projeções da Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA) apontam que essa porcentagem aumentará caso nada seja feito, estimando-se que em 2050 este valor possa ser seis vezes maior que o atual, já que a expectativa é de que o número de passageiros dobre atingindo 8,2 bilhões em 2037 (IATA, 2018).

Por isso, o investimento em pesquisa, desenvolvimento e regulamentação do uso de biocombustíveis - oriundos de fontes renováveis e cuja utilização reduz o percentual de emissões nocivas - têm papel fundamental do ponto de vista ambiental.

Nessa tentativa de ser menos poluente a aviação experimenta biocombustíveis, incluindo até óleo de cozinha usado, algas e sementes de mostarda, em substituição aos combustíveis fósseis atuais, produzidos a partir do petróleo. Mas a troca ainda é cara e pode custar até quatro vezes o valor do combustível tradicional (CASAGRANDE, 2018).

Segundo a IATA (2018), os biocombustíveis emitem até 80% menos gases na atmosfera do que o querosene de aviação tradicional.

O primeiro avião do mundo abastecido com biocombustível decolou em 2008, em um voo experimental, realizado pela empresa britânica *Virgin Atlantic* entre Londres e Amsterdam (CASAGRANDE, 2018). Desde então novos biocombustíveis vêm sendo criados para ser usado na aviação, um feito importante já que milhares de aviões sobrevoam o céu a cada dia gerando a poluição aérea.

Porém mais de uma década depois do primeiro voo abastecido com biocombustível, os altos custos ainda são uma barreira para a adoção massiva de combustíveis sustentáveis na aviação. Hoje, o querosene de aviação responde por 28,8% dos custos das companhias, segundo dados da Associação Brasileira das Empresas Aéreas (ABEAR) (RIBEIRO, 2019). E abastecer os tanques das aeronaves com biocombustível significaria aumentar essa conta, o que refletiria também no preço da passagem aérea, e levariam a uma desestabilização do mercado. Mas a indústria aeronáutica avalia que essa é a única alternativa viável até o momento para atingir a meta da IATA (CASAGRANDE, 2018).

O setor da aviação tem compromisso firmado com a IATA para reduzir em 50% as emissões de CO₂ até 2050 em relação ao que foi emitido pelos motores de aviões em 2005 (IATA, 2008). Para isso, um grande esforço de pesquisa e desenvolvimento está sendo feito em vários países por instituições e empresas no sentido de alcançar um querosene não mais produzido de petróleo, mas de origem renovável, que lance menos gases nocivos na atmosfera.

De acordo com Alexandre de Juniac, diretor geral e CEO da IATA:

Como acontece com qualquer atividade humana, isso envolve um custo ambiental que as companhias aéreas têm o compromisso de reduzir. A partir de 2020, limitaremos o crescimento líquido das emissões de carbono e até 2050, reduziremos nossa pegada de carbono para metade dos níveis de 2005 (IATA, 2019).

Para cooperar com a meta, no Brasil a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) permitiu, em Resolução de nº 63 adotada em 2013, a adição de até 50% de combustível alternativo ao querosene convencional de aviação (QAV).

Para a aceitação de misturas de biocombustíveis com o QAV de origem fóssil, segue-se critérios específicos e rigorosos da *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Estes critérios procuram garantir a qualidade do combustível antes e depois da mistura, para que não haja necessidade de nenhuma alteração nos equipamentos e sejam atendidos os mesmos parâmetros de segurança na utilização em aeronaves comerciais de grande porte.

Sendo assim nenhum avião ainda pode ser abastecido 100% somente com biocombustível. Embora tenham as mesmas características do querosene tradicional, as certificações internacionais só permitem sua utilização com uma mistura de no máximo 50% de biocombustível e 50% de querosene fóssil, "mas é possível que um dia chegue a 100%", afirma Onofre Andrade (CASAGRANDE, 2018).

Para garantir a logística e eficiência o setor, a indústria da aviação atualmente adota o conceito do *drop-in* que são biocombustíveis que podem ser misturados com combustível para aviação convencional [], que podem usar a mesma infraestrutura de abastecimento e que não requerem adaptação de avião ou turbinas (FAPESP, 2013), ou seja, o biocombustível deve usar as mesmas instalações e equipamentos hoje disponíveis, sem gerar mudanças ou modificações nas turbinas.

Entre as matérias-primas que podem ser usadas como biocombustível estão a cana de açúcar, pinhão manso, camelina, algas, soja, canola, óleo de cozinha usado, macaúba e babaçu. A queima de combustíveis derivados dos extratos dessas plantas não contribui para o aquecimento global, já que liberam níveis mais baixos de gases poluentes se comparados à queima de combustíveis fósseis, e assim, causam menos poluição no planeta.

As plantas usadas para geração de biocombustível crescem capturando CO₂ da atmosfera, portanto, reduzem a quantidade de um gás gerador de efeito estufa. A queima do biocombustível apenas devolve à atmosfera parte do CO₂ anteriormente capturado. Ou seja, o gás carbônico está presente na cadeia de produção e consumo dos biocombustíveis, porém, neste caso, o composto é devolvido à atmosfera na mesma quantidade que é absorvido pelas plantas que servem de matéria prima. Já o CO₂ resultante da produção e consumo de combustíveis fósseis, é retirado do solo e lançado à atmosfera, aumentando a quantidade total de gases causadores do efeito estufa.

Conforme cálculos da União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene (Ubrabio), o combustível é quatro vezes mais caro que o querosene de aviação, por isso, o uso comercial dessa fonte renovável depende de incentivos do governo. Mas segundo o presidente do conselho da entidade, Juan Diego Ferrés, a diferença entre os preços pode ser superada. "Em poucos anos, esse custo poderá ser igual ou até inferior (ao do combustível fóssil), mas vai depender de condições viáveis" (BIODIESELBR, 2013). Acontece que atualmente o Brasil não está produzindo biocombustível, por isso ainda hoje as dificuldades de atingir um preço atrativo continuam inviabilizando sua utilização.

Outro desafio dos biocombustíveis é garantir a sustentabilidade, e esta deve ser minuciosamente avaliada. O setor da aviação procura se adaptar às mudanças no cenário

energético, no que se refere ao desenvolvimento e uso de combustíveis alternativos. Já a indústria precisará garantir que os novos combustíveis irão trazer os esperados benefícios ambientais, econômicos e sociais. Diante deste cenário, torna-se importante utilizar esquemas de certificação de organizações reconhecidas para garantir que todo o processo esteja de acordo com as normas de sustentabilidade estabelecidas.

Figura 1 □ Comparação entre o Querosene e o Bioquerosene



Fonte: BIODIESELBR (2013)

Este trabalho foi desenvolvido para estudar os tipos de combustíveis sustentáveis que estão sendo estudados para serem usados no futuro da aviação.

Foi realizada uma pesquisa exploratória, com procedimentos bibliográficos e documentais, utilizando livros, periódicos, artigos, publicações em meios eletrônicos, documentos, reportagens e leis que descrevem sobre os níveis de emissão dos gases poluentes na aviação, numa abordagem qualitativa. Os dados foram analisados por meio de análise de conteúdo.

O presente estudo conta com pesquisas em publicações, revistas eletrônicas e sites da aviação brasileira e internacional, e suas autoridades para a obtenção de dados sobre o uso de combustíveis sustentáveis.

Apresenta também definições dos elementos presente na pesquisa assim como metas para a diminuição da emissão dos gases poluentes que tanto alarmam a sociedade.

O trabalho objetiva apresentar a importância do uso de combustíveis sustentáveis na aviação. Além disso, apresentar as leis existentes para a diminuição dos níveis de emissão de gases poluentes. Também busca desenvolver análise sobre aspectos voltados para a transição do sistema energético fóssil para um sistema energético baseado em energias renováveis, subordinado às práticas sustentáveis de aproveitamento de recursos naturais e medidas mitigadoras das mudanças climáticas globais.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Quais tipos de biocombustíveis para o setor de transporte aéreo estão sendo estudados como forma de reduzir o atual impacto ambiental?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Conhecer as principais fontes de combustíveis sustentáveis que podem substituir os combustíveis fósseis utilizados atualmente na aviação.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar o bicombustível como fonte de energia alternativa, proporcionando o desenvolvimento sustentável da aviação;
- Identificar os principais biocombustíveis existentes atualmente para emprego na aviação;
- Identificar as vantagens e desvantagens de cada fonte de energia;

- Verificar leis e acordos existentes para sua regulamentação e certificação;
- Obter dados sobre as emissões atmosféricas da aviação civil;
- Analisar os custos e benefícios do uso de combustíveis mais sustentáveis tanto para as empresas da aviação como para o meio ambiente.

1.3 JUSTIFICATIVA

A indústria sempre se mostrou agressiva com a natureza e não se preocupava em ser sustentável, dependendo sempre do uso de combustíveis não renováveis em seu modo de desenvolvimento, utilizando recursos naturais escassos como matéria prima visando apenas o seu crescimento econômico, mas ultimamente esse conceito vem mudando, e cada vez mais vem se preocupando com o meio ambiente. A justificativa partiu da relevância do tema em tempos atuais, já que o mundo passou a pensar em novas fontes de energia que agridam menos o meio ambiente, em todos os setores da indústria, incluindo o da aviação.

Fontes de energias sustentáveis é um tema que tem sido amplamente discutido ao longo das últimas décadas. Dentro desse contexto, a crescente preocupação mundial com as mudanças climáticas ocasionadas pelo aumento das emissões dos gases de efeito estufa, bem como, as incertezas sobre a disponibilidade dos combustíveis de origem fóssil no futuro, tem levado a uma crescente demanda por fontes de combustíveis renováveis, onde se torna fundamental a discussão sobre biocombustíveis e os possíveis resultados com seu uso.

O interesse da pesquisa surgiu em função da necessidade de se aumentar ainda mais a consciência da população, indústria aeronáutica e indústrias de combustíveis sobre a poluição aérea, que tende a aumentar cada vez mais, visto que é um setor que cresce mais a cada ano. E que há um caminho para diminuir a emissão desses gases poluentes, usando fontes de energias sustentáveis, que agridam menos o meio ambiente, de modo a garantir um futuro melhor para as próximas gerações.

Sendo assim, a pesquisa visa passar uma compreensão mais aprofundada do tema em questão.

1.4 METODOLOGIA

1.4.1 Natureza e Tipo da Pesquisa

O trabalho foi embasado por pesquisa exploratória, com procedimento bibliográfico e documental e com abordagem tanto qualitativa, quanto quantitativa.

A pesquisa exploratória, conforme Lakatos e Marconi (2003, p.188), tem uma trílice finalidade, que é "desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e classificar conceitos".

O procedimento para coleta de dados caracteriza-se como bibliográfico, definido por Rauén (2002, p. 65) como a "busca de informações bibliográficas relevantes para a tomada de decisão em todas as fases da pesquisa." Desse modo, a pesquisa em questão visa a uma profunda investigação teórica e prática sobre cada uma das supracitadas abordagens, primordial para a análise proposta inicialmente. O procedimento documental, conforme Gil (2002) tem o objetivo de descrever e comparar dados, características da realidade presente e do passado.

O presente estudo tem abordagem qualitativa, por se basear na realidade para fins de compreender uma situação única (RAUEN, 2002) e quantitativa, por buscar conhecimento por meio de raciocínio de causa e efeito, redução de variáveis específicas, hipóteses e questões, mensuração de variáveis, observação e teste de teorias. (CRESSWELL, 2007).

1.4.2 Materiais e Métodos

Os materiais bibliográficos analisados foram livros, periódicos, artigos, reportagens, publicações em meios eletrônicos que descrevem sobre combustíveis sustentáveis na aviação.

Também foram analisados documentos diversos sobre legislações regendo a Aviação Civil brasileira, que ofereçam requisitos e padrões de procedimentos em relação ao tema proposto.

São eles:

- Documentos da Agencia Nacional de Aviação Civil (ANAC);
- Documentos da ICAO (*International Civil Aviation Organization*);
- Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil;

- Reportagens que contenham assunto referente ao tema proposto.

1.4.3 Procedimento de Coleta de Dados

O procedimento de coleta de dados utilizados durante os estudos foi realizado através de pesquisa bibliográfica e documental, com coleta de textos, transcrição de normas e citações, bem como coleta de dados e registro de dados relevantes. Bibliográfica por ter sido desenvolvido com base em material já elaborado por diversos autores constituídos principalmente de publicações, livros, artigos e informações existentes que contribuiram para o desenvolvimento e avanço, conforme os objetivos relacionados ao tema. E documental por consultar materiais sem tratamento analítico ou que podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa. (GIL, 2002).

1.4.4 Procedimento de Análise dos Dados

O procedimento de análise dos dados para esse trabalho foi desempenhado a partir de leitura criteriosa de publicações, periódicos, livros, jornais, artigos e sites da internet relacionados ao assunto, e interpretação objetiva dos dados e informações levantados, a fim de possibilitar o entendimento do problema da pesquisa e auxiliar na busca de suas conclusões.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho foi estruturado para atingir os objetivos propostos, sendo composto da seguinte maneira:

No primeiro capítulo apresenta-se a introdução, o problema da pesquisa, os objetivos gerais e específicos, a justificativa, a metodologia utilizada e a organização do trabalho.

No segundo capítulo são apresentados os dados encontrados durante o levantamento da fundamentação teórica sobre o tema dessa pesquisa.

Na sequência, o terceiro capítulo compreende as considerações finais sobre o estudo realizado e sugestão para novas pesquisas.

E por fim, constam as referências bibliográficas que foram utilizadas ao longo do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 DEFINIÇÃO DE SUSTENTABILIDADE

Sustentabilidade é a capacidade de se sustentar, de se manter. Uma atividade sustentável é aquela que pode ser mantida para sempre, continua e indefinidamente. Em outras palavras, a exploração de um recurso natural exercida de forma sustentável durará para sempre, não se esgotará nunca. Nesse sentido, uma sociedade sustentável é aquela que não coloca em risco os elementos do meio ambiente (MIKHAILOVA, 2004).

Para Freitas e Freitas (2016), desenvolvimento sustentável é aquele que melhora a qualidade da vida do homem na Terra ao mesmo tempo em que respeita a capacidade de produção dos ecossistemas nos quais vivemos. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro.

Segundo a Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento (1987), a definição de sustentabilidade está relacionada à capacidade de conciliar o desenvolvimento de longo prazo da nossa sociedade com os limites finitos do planeta. A Organização das Nações Unidas, através do relatório Nosso Futuro Comum, publicado pela Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento em 1987, elaborou o seguinte conceito: □desenvolvimento sustentável é aquele que busca as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades.□(CMMAD, 1988, p. 46)

Ser sustentável é suprir as gerações presentes de forma inteligente, sem deixar de pensar na qualidade de vida das gerações futuras. A sustentabilidade é definida pela capacidade que o indivíduo tem de viver, sem causar impactos significativos ao ambiente. Ela está diretamente ligada ao desenvolvimento em contexto econômico, social e ambiental, almejando maior desenvolvimento e menor impacto negativo ao meio ambiente (MORAES, 2016).

2.2 DEFINIÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL

Biocombustíveis são combustíveis de origem biológica não fóssil. De acordo com a ANP, biocombustíveis são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia (ANP, 2019).

Os principais biocombustíveis líquidos são o bioetanol obtido a partir da fermentação da cana-de-açúcar, e o biodiesel, que é produzido a partir de óleos de sementes e grãos ou de gorduras animais e adicionado ao diesel de petróleo em proporções variáveis. Há também o biometano, que é um biocombustível gasoso obtido a partir do processamento do biogás. Por sua vez, o biogás é originário da decomposição de material orgânico. E o bioquerosene, que é o biocombustível de aviação, derivado de biomassa renovável.

□Os biocombustíveis são a prova de que é possível manter as características energéticas, dando mais qualidade de vida e sustentabilidade para a sociedade,□ definiu Elizabeth Farina (BOEING, 2013).

Segundo o *Air Transport Action Group*, os biocombustíveis produzidos de forma sustentável e que não impactam negativamente em valiosos recursos de alimentos, terra e água são chamados de □segunda geração□ ou □avançados□ (ATAG, 2011). A partir destas considerações é que se concentram as pesquisas e desenvolvimento de biocombustíveis atualmente.

2.2.1 Biocombustíveis Usados na Aviação

O biocombustível usado na aviação, conhecido como bioquerosene, é composto por uma mistura de hidrocarbonetos e apresenta uma composição semelhante a do querosene de origem fóssil.

No Brasil, o bioquerosene de aviação é definido na Lei nº 12.490/2011 e, também na Resolução da ANP, nº 778 de 2019, como 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.

O bioquerosene precisa ser do tipo *drop-in*, sendo, definido como: combustível alternativo que é indistinto do combustível convencional e que não requer mudanças na

infraestrutura de suprimento, no motor ou na aeronave, ou seja, é um combustível passível de mistura ao querosene fóssil que possui propriedades físico-químicas indistinguíveis do combustível tradicional e pode ser misturado a este, de modo a prover desempenho e segurança similares sem que haja mudanças ou alterações no sistema das aeronaves, motores ou na infraestrutura de distribuição e armazenamento (IATA, 2011).

Ele pode ser utilizado em mistura com o QAV fóssil, desde que seguindo parâmetros e percentuais estabelecidos em resolução pela ANP.

Atualmente, ASTM adota critérios rigorosos para a aceitação de misturas de biocombustíveis com o querosene de aviação (QAV) de origem fóssil. Estes critérios procuram garantir a qualidade do combustível antes e depois da mistura com o QAV, para que não haja necessidade de nenhuma alteração nos equipamentos e sejam atendidos os mesmos parâmetros de segurança na utilização em aeronaves comerciais de grande porte (ANP, 2016).

Após alguns anos de discussão em grupos de trabalho da ASTM, foram estabelecidos alguns tipos de biocombustíveis de aviação:

- SPK (*synthesized paraffinic kerosine*), chamado de querosene parafínico sintético;
- SPK-HEFA (*hydroprocessed esters and fatty acids*), querosene parafínico sintetizado por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados;
- SPK-FT querosene parafínico hidroprocessado e sintetizado por Fischer-Tropsch;
- SPK-A querosene parafínico sintetizado com aromáticos;
- SPK-ATJ querosene parafínico sintetizado por álcool.
- SIP (*synthesized iso paraffinic*), isoparafina sintetizada de açúcares fermentados e hidroprocessados.

Sendo que podem ser misturados ao querosene de aviação até o limite máximo de 50% em volume no caso do SPK, SPK-FT, SPK-HEFA, SPK/A e SPK-ATJ; e até o limite máximo de 10% em volume no caso do SIP (ANP, 2019).

2.2.2 Certificação do Biocombustível de Aviação

No mercado internacional, o biocombustível de aviação é regulamentado por meio de especificações padronizadas contidas na Norma D7566 da *American Society for Testing and Materials International* (ASTM International, 2011). No Brasil, a regulamentação é responsabilidade da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), e veiculada pela Resolução ANP nº 778, de 5 de abril de 2019, a qual define as especificações dos combustíveis alternativos de aviação e as obrigações quanto ao controle de qualidade a serem atendidos (ANP, 2019).

2.2.3 Matérias-primas Utilizadas para a Produção de Biocombustível de Aviação

Os principais biocombustíveis com potencial para substituir a querosene de origem fóssil são essencialmente obtidos a partir de óleos vegetais e matérias açucaradas que posteriormente passam por processos de produção para a obtenção de bioquerosene (CGEE, 2010).

Para que determinada matéria-prima seja apta para a produção de biocombustível deve 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, não necessitar de grandes quantidades de insumos agrícolas, proporcionar redução de emissão e conteúdo energético maior ou igual comparados ao combustível tradicional, não concorrer com o setor de alimentos, agregar valor socioeconômico as comunidades locais, ser cultivado em terras não utilizadas para a produção de alimentos e terras marginais (ICAO, 2010; SWAFEA, 2011).

Combustíveis derivados de vegetais produzidos em larga escala, como o milho e a cana, estão fora de questão □ também podem ser consumidos como alimentos e têm uma produtividade menor.

Oleaginosas como, soja, colza e palma também podem ser utilizadas como matéria-prima para a produção de bioquerosene, porém, outras fontes têm sido propostas se adequando as características citadas anteriormente, como: pinhão manso, algas, camelina e babaçu, sendo que estas possuem composição significativa em termos de óleos graxos (CGEE, 2010).

Sendo assim, a grande aposta da indústria está nos bicompostíveis da segunda geração, que não competem com a produção de alimentos. O pinhão manso, por exemplo, não é comestível e cresce em regiões áridas. A alga, por sua vez, tem uma altíssima produtividade pois cresce muito rápido. Segundo a Associação Nacional da Alga, dos EUA, a alga pode gerar até dez mil galões de óleo por acre, contra 250 do pinhão manso ou 50 da soja.

Pinhão Manso (*Jatropha curcas*)

O pinhão manso é um arbusto de crescimento rápido com forte resistência a seca, que em condições naturais alcança até 5 metros de altura, e é considerada uma planta de poucas exigências, que se adapta facilmente a climas secos e solos fracos. É a única planta oleaginosa com ciclo produtivo que se estende por mais de 40 anos, o que faz com que o custo de produção fique reduzido. Seu fruto é uma cápsula com três sementes, na qual se encontram as amêndoas, ricas em óleo, sendo que este é composto por ácidos graxos insaturados. (BIODIESELBR, 2006).

Algas

São organismos fotossintéticos que utilizam o ambiente aquático para se desenvolverem, ao contrário das outras matérias primas, que são produzidas a partir de plantas cultivadas na terra. As algas produzem a energia necessária para o seu metabolismo através do processo de fotossíntese. Sendo possível cultivá-las em água salgada ou doce e em ambiente que disponha de calor e luz abundantes. Dentre a ampla variedade, algumas são ricas em lipídios, o que as torna propensa para a produção de biocombustível através da extração e utilização deste óleo. (BIODIESELBR, 2006).

Camelina (*Camelina Sativa*)

A camelina é uma planta herbácea oleaginosa, com baixas necessidades hídricas (chuvas) e de fertilizantes, sendo portanto resistente à seca e tolerante aos solos fracos, suas sementes podem apresentar cerca de 35% de óleo. O óleo de camelina possui alto teor de ácidos graxos (NOVACANA, 2017).

Babaçu (*Orbignya phalerata*, Mart.)

O babaçu é uma palmeira de grande porte que pode atingir cerca de 20 metros de altura, cresce espontaneamente nas matas da região amazônica, sendo uma das mais importantes representantes das palmeiras brasileiras. O óleo provém do coco do babaçu, principalmente de sua amêndoa. Os principais componentes do óleo de babaçu são os ácidos graxos saturados, ácido láurico, mirístico e palmítico. (BIODIESELBR, 2006).

Após um painel de especialistas que se reuniu neste ano de 2019 em Abu Dhabi, a Forbes Brasil listou as sete fontes de biocombustíveis mais promissoras para a aviação, são elas: a *Salicornia bigelovii*, a cana-energia, gás residual de indústrias, resíduos de madeira na indústria e no desmatamento, resíduos sólidos urbanos e óleos de palma. A *Salicornia bigelovii*, uma suculenta comestível que cresce em água salgada, e produz uma abundância de sementes oleaginosas que podem ser usadas para produzir biocombustível, despertou o interesse da Boeing e da Etihad Airways. Estudos apontam que o biocombustível oriundo desta planta produz entre 38% e 68% menos emissões de gases do efeito estufa do que o combustível fóssil (FAPESP, 2019).

2.3 DEMANDA E CUSTO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS

O principal desafio do biocombustível é tornar-se competitivo, já que além da questão do custo, há a necessidade da maior oferta, como afirma Antonini Puppim-Macedo [além da tecnologia, há necessidade de demanda e oferta] (CASAGRANDE, 2015).

Hoje, o bioquerosene é mais caro, mas a expectativa é de que o custo diminua com o crescimento da demanda e o incremento da produção em escala comercial.

Pedro Scorza, explica que ainda não há viabilidade econômica, mas a médio e longo prazo será viável:

De um lado, não existem incentivos à produção, pois a carga tributária no bioquerosene é maior que a do querosene de origem fóssil, além da não valorização das positivas externalidades econômicas e sociais. De outro lado, a paridade do custo final do bioquerosene com o combustível de origem fóssil é condição para viabilizar sua utilização pelas companhias aéreas nacionais e internacionais, devido ao seu grande impacto nas linhas de custo e competitividade do negócio. A médio e longo prazo, com a possível ascensão do valor do barril de petróleo e os constantes ganhos de eficiência na produção de matéria-prima, chegaremos a um ponto de inflexão, onde o combustível renovável retirará a pressão de custos das empresas aéreas (MARINHO, 2019).

Paulus Figueiredo diz que se for possível equiparar o preço do bioquerosene com o do querosene tradicional, sua adoção será uma opção natural das companhias aéreas (CASAGRANDE, 2015).

[O biocombustível ainda é significativamente mais caro, mas, no início, o álcool (etanol) dos carros também tinha preço elevado e, com a demanda, tornou-se mais barato] lembra Macedo (CASAGRANDE, 2015). Para obter a queda de preços no futuro e viabilizar

os combustíveis renováveis, ele acredita que serão necessárias diversas tecnologias de produção para atender às particularidades de cada região.

A Honeywell, empresa americana que produz biocombustível de fonte renovável, admite que, hoje, o bioquerosene é mais caro. Contudo, a expectativa é de que o custo diminua com o crescimento da demanda e o incremento da produção em escala comercial (FRANCO, 2011).

2.4 USO DO BIOQUEROSENE NA AVIAÇÃO BRASILEIRA

O primeiro voo experimental realizado no Brasil (também primeiro da América Latina) ocorreu em 2010 utilizando biocombustível produzido a partir do óleo de pinhão manso, uma biomassa vegetal brasileira. O voo de teste que foi realizado pela TAM, hoje Latam, decolou do Rio de Janeiro, sobrevoou o espaço aéreo brasileiro sobre o oceano Atlântico por 45 minutos e retornou ao ponto de origem, em um Airbus 320. Voou com mistura do biocombustível, feito a partir do vegetal, com o querosene convencional de aviação, na proporção de 50% cada, em uma das turbinas. O resultado foi uma temperatura média mais baixa na turbina, além de um consumo menor (WESTPHALEN, 2010).

Depois as cias aéreas Azul e Gol também fizeram vôos experimentais abastecidos com 50% de combustíveis sustentáveis em 2012, durante a Rio+20 (Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável). A Azul usou combustível obtido a partir da fermentação da cana de açúcar, e a Gol utilizou uma mistura de óleos vegetais (FREITAS, 2012).

Já o primeiro voo comercial brasileiro (com passageiros pagantes) abastecido com biocombustível, aconteceu em 2013, em um trajeto entre São Paulo e Brasília, voo este realizado pela Gol, utilizou biocombustível feito a base de óleos vegetais e gordura animal. A aeronave foi abastecida em 25% com biocombustível elaborado (BIODIESELBR, 2013).

Após isso a GOL realizou mais de 300 voos durante a Copa do Mundo de 2014 com uma mistura de 4% de querosene produzido com óleo de milho junto ao combustível convencional. Ainda em 2014 se tornou a primeira companhia aérea brasileira a realizar um voo internacional com biocombustível, este derivado da cana de açúcar, partindo de Orlando com destino à São Paulo (CASAGRANDE, 2015).

De lá para cá, entretanto, a questão não evoluiu no Brasil. Atualmente, o país não está produzindo bioquerosene. Apesar dos casos específicos de produção alguns anos atrás, as dificuldades de atingir um preço atrativo inviabilizaram a produção (MARINHO, 2019).

2.5 USO DO BIOQUEROSENE NO EXTERIOR

No exterior, desde 2008 mais de 1.600 voos já foram realizados com misturas de querosene renovável e fóssil. Empresas como a *Virgin Atlantic Airways*, *Air New Zealand*, *Continental Airlines*, *Japan Airlines* e a *United Airlines* já realizaram voos para comprovar sua viabilidade.

O primeiro voo experimental com biocombustível aconteceu em fevereiro de 2008, realizado pela companhia aérea britânica *Virgin Atlantic* entre Londres (Inglaterra) e Amsterdã (Holanda) com um quadrimotor Boeing 747. Apenas um dos quatro motores do avião recebeu 20% de uma mistura à base de óleo de coco e semente de babaçu (uma palmeira brasileira), com o querosene tradicional (BBC, 2008).

Já em dezembro de 2008, a companhia aérea *Air New Zealand*, usou o mesmo modelo de jato, mas desta vez com um dos quatro motores preenchido com 50% de QAV e 50% de óleo de pinhão manso (CAMPASSI, 2009).

Em 2009 a companhia aérea americana *Continental Airlines* realizou seu primeiro voo experimental movido a biocombustível derivado de algas e pinhão manso, com duração de 90 minutos, em um bimotor Boeing 737. Um dos dois motores levava uma mistura com 50% de combustível normal para aviões e 50% de biocombustível (CAMPASSI, 2009).

Também em 2009 a japonesa *Japan Airlines* fez um voo teste em Tóquio, com um dos motores abastecido com 50% de uma mistura feita com camelina (uma espécie de linho), flores e algas e o restante com querosene de aviação normal. O voo experimental durou uma hora e foi feito com um Boeing 747 (BIODIESELBR, 2009).

Em junho de 2011 a companhia aérea holandesa KLM fez o primeiro voo com passageiros usando biocombustível, em um voo de Holanda à Paris, em um Boeing 737 com 171 passageiros. O avião recebeu 50% de querosene tradicional e 50% de biocombustível feito à base de óleo de cozinha reutilizado (CASAGRANDE, 2018).

Entre julho de 2011 e janeiro de 2012, a *Lufthansa*, maior companhia aérea alemã, foi a primeira companhia aérea a usar biocombustível em voo regular, realizando

aproximadamente 1200 voos com biocombustíveis produzidos a partir de óleos vegetais e gordura animal, entre Frankfurt e Hamburgo, durante 6 meses. A companhia usou uma mistura de 50% de biocombustível adicionado ao querosene de aviação, em apenas um dos motores. Esse teste de longo prazo tinha como objetivo analisar os efeitos dos biocombustíveis sobre a manutenção e durabilidade das turbinas. Com isso, a *Lufthansa* evitou a emissão de 1,5 mil toneladas de CO₂ segundo dados da própria companhia. Mesmo o teste sendo bem sucedido, a companhia voltou a abastecer suas aeronaves com querosene fóssil, simplesmente porque não existe bioquerosene suficiente no mercado. A *Lufthansa* foi também a primeira companhia a operar um voo transatlântico com biocombustível, em janeiro de 2012, entre Frankfurt (Alemanha) e Washington (Estados Unidos), emitindo 38 toneladas a menos de gás carbônico em comparação a um avião do mesmo tipo abastecido com querosene (BECKER; WREDE, 2012).

Ainda em 2011, a *United Airlines* realizou um voo de Houston para Chicago, usando 40% de mistura de biocombustível feito de algas (BBC, 2009).

Em 2012, a KLM Airlines realizou o mais longo voo movido a biocombustível já feito até vôos, saindo de Holanda (Amsterdã) com destino ao Rio de Janeiro, especialmente para a Conferência Rio+20. E em 2013 voou por seis meses entre Amsterdã e Nova York usando o biocombustível (CASAGRANDE, 2018).

Em 2018, foi realizado o voo mais longo usando biocombustível em um Boeing787 pela companhia australiana *Qantas*, e foi abastecido com uma mistura de 10% de sementes de mostarda não comestível (*brassica carinata*) e os outros 90% de querosene comum, significando uma redução de 7% das emissões de carbono se comparado do que o emitido em um voo comum na mesma rota, o voo teve duração de 15 horas entre Los Angeles (Estados Unidos) e Melbourne (Austrália). Segundo entrevista ao jornal *The Guardian*, a companhia quer que todos os voos com partida em Los Angeles usem biocombustível até 2020 (GLOBO, 2018). No mesmo ano, a *United Airlines* realizou um voo de São Francisco (Estados Unidos) para Zurique (Suíça) usando uma mistura de 30% dessa mesma semente (*brassica carinata*) com 70% do QAV, com duração de 11 horas (BIODIESELBR, 2018).

A partir de 2020 a Noruega tornará obrigatório o uso de biocombustível por parte das companhias áreas que operem em seu território e todos os voos serão abastecidos com uma mistura contendo 0,5% de bioquerosene e 99,5% de querosene de aviação convencional. O anúncio foi feito em 2018 pelo governo do país nórdico (BIODIESELBR, 2018).

2.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO BIOCOMBUSTÍVEL PARA A AVIAÇÃO

A grande vantagem da utilização de biocombustíveis é a redução das emissões de gases de efeito estufa, determinantes para o aquecimento global.

Além de permitirem reduzir a dependência energética em relação aos combustíveis fósseis, os biocombustíveis são produzidos a partir de matéria-prima vegetal, as quais absorvem CO₂ da atmosfera anulando assim o efeito estufa, uma vez que o replantio da cultura utilizada significa crescimento de área verde e, em tese, captura do CO₂ lançado na queima da cultura anterior, ou seja, não interfere no ciclo do carbono (FOGAÇA, 2019). E sua produção em comparação com o refinamento, extração e entrega de combustíveis fósseis, pode representar uma redução de até 80% nas emissões dessa cadeia de produção.

A questão da sustentabilidade é central e extremamente importante. Se as empresas passarem a usar mesmo que uma determinada fração de combustível verde, entrarão no mercado de carbono, alinhando-se com a política e acordos relacionados à sustentabilidade. Há também ganhos de mercado consumidor, pois vivemos numa sociedade mais consciente, defende Marco Fraga (FRANCO, 2011).

Já em relação às desvantagens, a principal é o alto custo de produção em relação ao combustível fóssil. A grande barreira a ser transposta é a produção de matéria-prima a um custo acessível e em quantidade suficiente para abastecer a indústria aérea. A capacidade existe, o desafio é fazer isso economicamente e no mesmo preço do petróleo.

Segundo Pedro Scorza, "o custo do bioquerosene final não é competitivo em relação ao fóssil. A tecnologia evoluiu muito, mas a diferença de preço estimamos em cerca de 20%, mas isso chegava a 200% há alguns anos" (RIBEIRO, 2019).

Além do mais, 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", comenta Scorza. (RIBEIRO, 2019).

De acordo com Jennifer Holmgren, 85% do custo do biocombustível é a matéria-prima. "Desde que ela custe o mesmo do que o galão de petróleo, o galão de biocombustível será competitivo" (CAMPASSI, 2009).

2.7 DESEMPENHO BIOQUEROSENE X QUEROSENE

Em termos técnicos, o desempenho, a eficiência e o rendimento do combustível é exatamente igual ao fóssil e sua utilização não exige nenhum ajuste nas aeronaves. Daí vem o conceito de produção do bioquerosene, ou *drop-in*, como conhecido internacionalmente: a matéria-prima, seja qual for, deve sofrer um processo de transformação que resulte em uma série de hidrocarbonetos iguais aos presentes no combustível de origem fóssil, sob um processo produtivo controlado e de altíssima garantia das especificações finais e qualidade, aprovados pela agência estadunidense de normalização (*American Society for Testing and Materials* □ ASTM) e adicionalmente pela ANP no Brasil. Por outro lado, as aeronaves não sofrem ou requerem nenhuma modificação ou ajuste. Pedro Scorza garante que □ qualquer aeronave no mundo pode abastecer com o bioquerosene, com processo certificado pela ASTM, sem restrição alguma □ (MARINHO, 2017).

Como as aeronaves não são substituídas em ciclos curtos, podendo voar por mais de 30 anos, e pelo fato de o segmento aeronáutico ser global, é preciso que os biocombustíveis sejam *drop in*, ou seja, possam ser misturados ao produto fóssil na estrutura atualmente existente □ dutos, tanques e bombas □ sem nenhum problema de compatibilidade, nem modificação na engenharia das aeronaves já em operação.

De acordo com Marcelo Gonçalves, □ o bioquerosene de aviação *drop in* tem exatamente o mesmo rendimento do combustível tradicional. Em sua rota de desenvolvimento, a matéria-prima é transformada em querosene tradicional de aviação □ (MARINHO, 2017).

2.8 EMISSÕES ATUAIS E FUTURAS

Atualmente a indústria de aviação é responsável por 2% das emissões mundiais de CO₂, mas as emissões de gases-estufa vêm aumentando nos últimos anos, por ser um setor em expansão em todo o mundo (FAPESP, 2013).

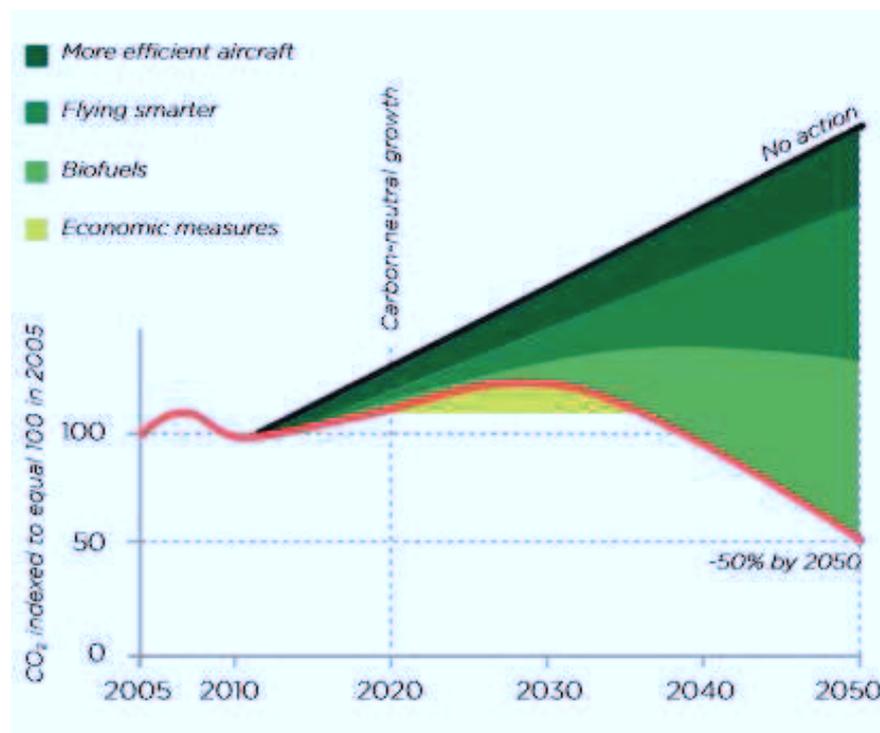
Projeções da IATA apontam que essa porcentagem aumentará ainda mais caso nada seja feito, estimando-se que em 2050 este valor possa ser seis vezes maior que o atual, já que a expectativa é de que o número de passageiros dobre atingindo 8,2 bilhões em 2037 (IATA, 2018).

Sendo assim, no futuro o quadro tende a se agravar, pois a demanda continuará crescendo a altas taxas, impulsionada pelo aumento da população global, por economias em crescimento e pelo aumento da renda *per capita*. De acordo com *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPPC), até 2050 o setor de aviação responderia por 3% das emissões de GEE (GAZZONI, 2012).

Sem medidas adicionais extraordinárias, o setor aéreo global vai aumentar significativamente a sua emissão de carbono de 1,5 Gt CO₂ (2005) para 2,9 Gt de CO₂ até 2035, conforme apontado em 2012, no Fórum Econômico Mundial, em Davos, Suíça (GAZZONI, 2012).

O gráfico 1 a seguir mostra uma projeção das emissões de gases que causam o efeito estufa, dentro do setor aeronáutico.

Gráfico 1: Projeção de Emissão de Gases do Efeito Estufa do Setor Aeronáutico



Fonte: IATA (2014)

2.9 METAS

Com base nas projeções de crescimento do tráfego aéreo, em nível global, combinado com a pressão pública para um sistema mais sustentável de transporte aéreo, a

IATA definiu metas para seus associados, como zerar o crescimento das emissões da indústria da aviação até 2020 e reduzi-las em 50% até 2050, em relação aos níveis de 2005, assim como melhorar a eficiência média das aeronaves deve ser de 1,5% ao ano, até 2020 (IATA, 2018).

De acordo com Marcelo Gonçalves □ para que isso ocorra, é preciso que haja uma série de iniciativas, como melhorias aerodinâmicas para reduzir o consumo de combustível e motores mais eficientes, mas não é um objetivo possível de ser atingido sem os biocombustíveis. □

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo conhecer as fontes de combustíveis sustentáveis para a aviação, assim como sua importância buscando reduzir a emissão de gases poluentes, e conseqüentemente a diminuição dos impactos ambientais.

Pode-se afirmar que a aviação continua sendo muito dependente dos combustíveis derivados do petróleo, e são indiscutíveis os danos ambientais que esses combustíveis fósseis trazem ao meio ambiente, causados pelo aumento da concentração de gases que originam o efeito estufa, principalmente o dióxido de carbono, principalmente no que se refere ao aquecimento global. Essas causas e conseqüências negativas têm levado o homem a buscar cada vez mais fontes de energias limpas e renováveis, como forma de minimizar os efeitos negativos. A energia verde, originária de plantas, é a solução para problemas ambientais, sociais e econômicos.

Conforme estudo realizado, a aviação evoluiu consideravelmente, no entanto, ao passo que as atividades aéreas cresceram, seus efeitos negativos sobre o meio ambiente também foram intensificados. Dessa forma, hoje a busca por combustíveis de fontes renováveis é bastante almejada, com isso, vários biocombustíveis têm sido estudados e testados para compor uma nova realidade no setor aeronáutico. Entre os motivos para substituir os atuais combustíveis de origem fóssil estão a escassez das fontes fósseis e os impactos ambientais que têm prejudicado o meio ambiente a uma velocidade considerável. Além disso, na situação atual os combustíveis usados na aviação já representam 2% da emissão de gases, Ao levar em consideração a estimativa de crescimento do setor para os próximos anos, o consumo de combustível fóssil aumentará a um nível elevado potencializando os conflitos já existentes.

Foram apresentados dados referentes aos custos e meios de produção do biocombustível, e também dados sobre o impacto que os combustíveis fósseis causam na atmosfera terrestre. Ficou claro com a análise dos dados, que é de extrema importância para o planeta a mudança dos combustíveis fósseis para uma fonte mais limpa e renovável, a tendência mundial é da criação de meios mais ecológicos.

Percebe-se que apesar das diversas iniciativas que ocorreram nos últimos anos para provar que os biocombustíveis tem um grande potencial, algumas barreiras precisam ser superadas para que em um cenário de longo prazo seja possível empregar combustíveis

sustentáveis que representem 100 % da mistura e os benefícios sejam ainda melhores para o meio ambiente.

Com a evolução de seus meios de produção, os bicompostíveis apresentam uma expectativa de redução de custo e maior eficiência em sua produção, o que ainda não aconteceu, já que atualmente o Brasil não está produzindo biocombustível, sendo este um fator limitante na pesquisa, já que não é possível comparar preços em relação aos casos de produção de alguns anos atrás.

Outro ponto que deve ser levado em consideração é a questão da preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. A maior preocupação em relação aos bicompostíveis é o risco de sua produção afetar a produção alimentícia e ironicamente, o desmatamento em busca de novas áreas para o plantio. As grandes barreiras que existem hoje estão em transformar a produção em uma escala industrial, impedir que essa produção afete a área alimentícia, além de impedir o impacto ambiental que pode causar.

O seu desenvolvimento utilizou de pesquisas bibliográficas e documentais. Com essas informações importantes, observa-se que os atuais combustíveis da aviação de origem fóssil, estão precisando de substitutos mais sustentáveis, não só pelo fato do seu crescente preço, mas também dos efeitos ameaçadores que se apresentam ao meio ambiente decorrentes do seu uso, ou seja, a emissão de gases do efeito estufa em abundância. Nesse contexto, aborda-se o emprego de combustíveis sustentáveis, como possíveis soluções para manter os impactos gerados ao meio ambiente em níveis aceitáveis.

Conclui-se que o emprego desses combustíveis como forma de energia, sem dúvidas traz benefícios para os diversos setores, além da aviação. No entanto, entende-se que deve se levar em consideração o fato de afetar a produção alimentícia, para isso devem ser realizadas pesquisas sobre a relação da produção de biocombustíveis com a produção alimentícia. Já em relação à expectativa de redução de custo, conclui-se que o fato de atualmente o Brasil não estar produzindo biocombustível, justifica as dificuldades em atingir um preço atrativo, inviabilizando assim a produção.

REFERÊNCIAS

ANP. **Resolução ANP nº 778**. 2019. Disponível em:
<http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2019/abril&item=ranp-778-2019>.
Acesso em: 15 out. 2019.

ANP. **Biocombustíveis de Aviação**. 2016. Disponível em:
<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biocombustiveis-de-aviacao>. Acesso em: 29 ago. 2019.

ATAG, Air Transport Action Group. **Powering the future of flight**. Disponível em:
<http://www.atag.org/our-activities/sustainable-aviation-biofuels.html>. Acesso em:
29 ago. 2019.

ATSM INTERNATIONAL. **Standard specification for aviation turbine fuel containing synthesized hydrocarbons**. 2011. Disponível em:
<https://www.astm.org/Standards/D7566.htm>. Acesso em: 15 out. 2019.

BBC. **Avião faz 1º vôo com biocombustível de algas nos EUA**. 2009. Disponível em:
https://www.bbc.com/portuguese/reporterbbc/story/2009/01/090108_aviaomovidoalgafn.shtml
1. Acesso em: 12 ago. 2019.

BBC. **Primeiro vôo com biocombustível é bem-sucedido**. 2008. Disponível em:
[https://www.bbc.com/portuguese/reporterbbc/story/2008/02/080224_aviao_biocombustivel2_](https://www.bbc.com/portuguese/reporterbbc/story/2008/02/080224_aviao_biocombustivel2_aw.shtml)
[aw.shtml](https://www.bbc.com/portuguese/reporterbbc/story/2008/02/080224_aviao_biocombustivel2_aw.shtml). Acesso em: 28 ago. 2019.

BECKER, Andreas; WREDE, Insa. **Lufthansa desiste de voar com biocombustível**. 2012. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/aviacao/noticia/6105/Lufthansa-desiste-de-voar-com-biocombustivel/>. Acesso em: 07 ago. 2019.

BIODIESELBR. **Babaçu**. 2006. Disponível em:
<https://www.biodieselbr.com/plantas/babacu/babacu>. Acesso em: 12 ago. 2019.

BIODIESELBR. **Jumbo da JAL faz primeiro vôo com motor a biocombustível**. 2009. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/energia/r1-jumbo-jal-primeiro-voomotor-biocombustivel-02-02-09>. Acesso em: 12 ago. 2019.

BIODIESELBR. **Primeiro voo comercial com bioquerosene desembarca em Brasília.** 2013. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/bioqav/primeiro-voo-comercial-bioquerosene-desembarca-brasilia-251013>. Acesso em: 07 ago. 2019.

BIODIESELBR. **Noruega vai tornar obrigatório uso bioquerosene a partir de 2020.** 2018. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/bioqav/noruega-vai-tornar-obrigatorio-uso-bioquerosene-a-partir-de-2020-051018>. Acesso em: 11 out. 2019.

BIODIESELBR. **United realiza maior voo transatlântico com biocombustível.** 2018. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/bioqav/united-realiza-maior-voo-transatlantico-com-biocombustivel-170918>. Acesso em: 08 nov. 2019.

BOEING. **Stakeholders da indústria de aviação anunciam Plataforma Brasileira de Biocombustível para Aviação.** 2013. Disponível em: <https://www.boeing.com.br/noticias-e-sala-de-imprensa/releases/2013/october/stakeholders-da-industria-de-aviacao-anunciam-plat.page?>. Acesso em: 27 ago. 2019.

CAMPASSI, Roberta. **Continental testa alga e pinhão para voar.** 2009. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/continental-testa-alga-pinhao-voar-08-01-09>. Acesso em: 12 ago. 2019.

CASAGRANDE, Vinícius. **Os desafios dos biocombustíveis.** 2015. Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/os-desafios-dos-biocombustiveis_2115.html. Acesso em: 28 ago. 2019.

CASAGRANDE, Vinícius. **Aviões usam óleo de cozinha e mostarda para poluir menos, mas ainda é caro.** 2018. Disponível em: <https://todosabordo.blogosfera.uol.com.br/2018/03/18/biocombustivel-aviacao-desafios-do-mercado-reducao-de-custo/>. Acesso em: 28 ago. 2019.

CGEE. **Biocombustíveis aeronáuticos: Progressos e desafios - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.** Brasília, n. 8, 2010.

CMMAD- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum.** Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1988.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto.** Porto Alegre: Artmed, 2007.

FAPESP. **Plano de voo para biocombustíveis de aviação no Brasil: plano de ação.** 2013. Disponível em: <http://www.fapesp.br/publicacoes/plano-de-voo-biocombustiveis-brasil-pt.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2019.

FAPESP. **Biocombustíveis de aviação e a redução de emissão de GEE.** 2019. Disponível em: <https://namidia.fapesp.br/biocombustiveis-de-aviacao-e-a-reducao-de-emissao-de-gee/192538>. Acesso em: 30 ago. 2019.

FOGAÇA, Jennifer. **O Biocombustível é mesmo um Combustível Limpo?** 2019. Disponível em: <https://alunosonline.uol.com.br/quimica/o-biocombustivel-mesmo-um-combustivel-limpo.html>. Acesso em: 08 nov. 2019

FRANCO, Catia. **Bioquerosene: pronto para decolar?** 2011. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/revista/024/pronto-para-decolar>. Acesso em: 30 ago. 2019.

FREITAS, Aiana. **Azul e Gol fazem voos experimentais com cana-de-açúcar e óleo de milho.** 2012. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/bioqav/azul-gol-voos-experimentais-cana-acucar-oleo-milho-190612>. Acesso em: 07 ago. 2019.

FREITAS, M.; FREITAS, M. **Sustentabilidade como paradigma: Cultura, ciência e cidadania.** Editora Vozes Limitada, 2016.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GAZZONI, Décio Luiz. **Biocombustíveis para aviação.** 2012. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/coronistas/gazzoni/biocombustiveis-aviacao-160312>. Acesso em: 30 ago. 2019.

GLOBO. **Avião movido a mostarda voa entre Estados Unidos e Austrália:** companhia aérea faz teste com biocombustível para voo entre Los Angeles e Melbourne. 2018. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/aviao-movido-mostarda-voa-entre-estados-unidos-australia-22344567>. Acesso em: 12 ago. 2019.

IATA. **IATA prevê 8, 2 bilhões de passageiros aéreos em 2037.** 2018. Disponível em: <https://www.iata.org/pressroom/pr/Documents/2018-10-24-02-pt.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2019.

IATA. **Mais conectividade e eficiência são destaques das estatísticas do setor de companhias aéreas de 2018.** 2019. Disponível em:

<https://www.iata.org/pressroom/pr/Documents/2019-07-31-01-pt.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2019.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. *Environmental report 2010*. ICAO, 2010.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARINHO, Ana Flávia. **Cresce uso de biocombustíveis na aviação nacional**. 2017. Disponível em: <http://www.canalbioenergia.com.br/combustivel-renovavel-ganha-espaco-na-aviacao-nacional/>. Acesso em: 30 ago. 2019.

MARINHO, Ana Flávia. **Produção de bioquerosene não decola**. 2019. Disponível em: <http://www.canalbioenergia.com.br/producao-de-bioquerosene-nao-decola/>. Acesso em: 08 nov. 2019.

MORAES, Trissia Aparecida de. **SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES E INTERESSE SOCIAL: ABORDAGEM NA PERSPECTIVA DO DESENVOLVIMENTO LOCAL**. 2016. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento Social, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2016. Disponível em: <https://site.ucdb.br/public/md-dissertacoes/21312-dissertacao-trissia-aparecida-rodas-de-moraes.pdf>. Acesso em: 09 set. 2019.

MIKHAILOVA Irina. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. *Revista Economia e Desenvolvimento*, nº 16, 2004.

NOVACANA. **Camelina - matéria prima para biocombustíveis**. 2017. Disponível em: https://www.novacana.com/pdf/22032017150318_8_camelina.pdf. Acesso em: 28 out. 2019.

RAUEN. Fábio José. **Roteiros de investigação científica**. Tubarão, SC: Unisul, 2002.

RIBEIRO, Gustavo. **Brasil é apenas um espectador no avanço dos biocombustíveis para aviões**. 2019. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/industria/tecnologia/brasil-espectador-avanco-biocombustiveis-avioes-280319>. Acesso em: 28 ago. 2019.

SUSTAINABLE WAY FOR ALTERNATIVE FUELS AND ENERGY IN AVIATION. **Final report 2011**. France: SWAFEA, 2011.

WESTPHALEN, Ana Luísa. **TAM faz primeiro voo usando biocombustível de pinhão manso**. 2010. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/tam-faz-primeiro-voo-usando-biocombustivel-de-pinhao-manso-2922780>. Acesso em: 07 ago. 2019.

