

# Modal aeroviário e suas possíveis contribuições para a redução da emissão de $CO_2$

Airline modal and their possible contributions to the reduction of  $CO_2$  emissions

Cinthia de Souza<sup>1,\*</sup>; Fernanda Cristina Pereira<sup>2</sup>; Mariana Marques Leite<sup>3</sup>; Pedro Henrique De Souza Fortes<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil.

\*[cinthiadesouza@gmail.com](mailto:cinthiadesouza@gmail.com)

## Resumo

O objetivo principal do artigo foi aprofundar os conhecimentos sobre os modais de transportes. O assunto em foco é o modal aeroviário, sua importância como meio de transporte e as tecnologias propostas para diminuir a emissão de gás carbônico durante os voos, grande preocupação das autoridades. O modal aeroviário é essencial para o deslocamento de pessoas e cargas quando se trata de grandes distâncias ou de redução de tempo de viagens. Existem grandes perspectivas de aumento de demanda e segundo estimativas até 2036 haverá um significativo aumento de procura pelo modal. Esta estimativa preocupa os órgãos ambientais e as autoridades pois do total de emissões globais de carbono 2,5% são provenientes da aviação. Várias tecnologias para se minimizar o problema já foram propostas e testadas. Através das referências utilizadas, conclui-se que é possível promover a redução de gás carbônico durante os voos, porém os custos para se adequar as aeronaves são muito elevados e a aplicação de muitas tecnologias fica apenas nos testes não sendo utilizadas em aviões comerciais.

**Palavras-chave:** Modal Aeroviário, Gás Carbônico, Poluição Atmosférica.

.....

The main objective of the article was to deepen the knowledge about the transport modes studied in the Transport discipline. The subject in focus is the air modal, its importance as a means of transportation and the methodologies proposed to reduce the emission of carbon dioxide during the flights, great concern of the authorities. The air way is essential for the movement of people and cargo when it comes to long distances or reduced travel time. There are great prospects of increasing demand for the modal and according to estimates until 2036 there will be a significant increase in modal demand. This estimate worries the environmental agencies and the authorities because of the total global 2,5% carbon emissions come from aviation. Several methodologies to minimize the problem have already been proposed and tested. Through the references used, it is concluded that it is possible to promote the reduction of carbon dioxide during flights, but the cost to suit the aircraft are very high and the application of many methodologies are only in the tests not being used in commercial airplanes.

**Keywords:** Modal Air, Aarbon Dioxide, Atmospheric Pollution.

## 1 INTRODUÇÃO

Modal aeroviário é um importante meio de transporte, sendo competitivo com os demais por ser mais rápido e considerado mais seguro. Realiza o movimento de pessoas e mercadorias urgentes e de grande valor pelo ar através de aviões, helicópteros ou outro veículo aéreo (MENDONÇA, 2000).

O transporte aéreo cresce em todo o mundo e preocupa os órgãos ambientais e as autoridades. Do total de emissões globais de carbono 2,5% são provenientes da aviação (CARBON MARKET WATCH, 2013). O efeito direto no clima causado pelas emissões de Dióxido de Carbono ( $CO_2$ ) é o aumento do aprisionamento de raios infravermelhos que geram incremento do efeito estufa e aquece a superfície terrestre (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1999).

As companhias do setor buscam a melhoria dos motores e dos combustíveis baseados na regulamentação ambiental mundial para as emissões de poluentes durante o pouso e a decolagem das aeronaves e no desenvolvimento de novas tecnologias e aprimoramento das já existentes. A redução da emissão de  $CO_2$  representa desafio para as empresas do segmento (RENTES, 2014).

Devido a estimativa de um aumento significativo na demanda do transporte aéreo e um conseqüente aumento da emissão de carbono provenientes da aviação, o presente artigo teve como objetivo estudar tecnologias propostas para redução do  $CO_2$ , avaliar os resultados e a viabilidade de uma ampla aplicação das mesmas.

## 2 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado como um estudo de revisões bibliográficas relacionadas a tecnologias adotadas na aviação para uma possível contribuição ambiental através da redução da emissão de  $CO_2$ .

### 2.1 A aviação

A aviação é um modal de transporte essencial para o deslocamento de pessoas e cargas quando se trata de grandes distâncias ou de redução de tempo em viagens (FREIRE et al., 2015). Tem ampla relevância econômica e climática, e cresce aceleradamente, em todo o mundo..

#### 2.1.1 Histórico da aviação

Os relatos históricos da aviação apresentam uma suposta controvérsia em relação à invenção do avião. Alguns creditam a invenção do avião aos Irmãos Wright, que segundo os próprios, fizeram o primeiro voo do mundo, no ano de 1903, estavam presentes três testemunhas, dois fazendeiros e uma criança, contudo não foram feitos registros que pudesse comprovar a veracidade do fato.

Os créditos da invenção do avião foram, então, dados ao brasileiro Alberto Santos Dumont, que em 23 de outubro do ano de 1906, no campo de Bagatelle em Paris, França, conseguiu taxiar, decolar, voar nivelado e pousar com um avião (FAJER, 2009). O voo foi realizado na presença de testemunhas e registrou-se cada momento Figura 1 (CEAB, 2016).

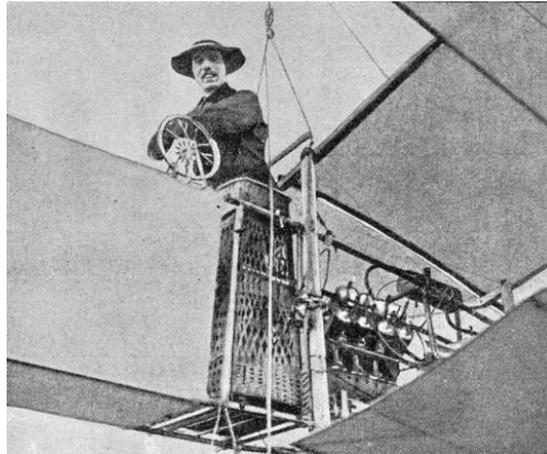


Figura 1 – *Alberto Santos Dumont durante primeiro voo.*  
Fonte: CEAB (2016).

O voo ocorreu em um equipamento que foi capaz de voar por conta própria sem a utilização de impulsor (CEAB, 2016). Diferentemente do realizado pelos irmãos Wright, o qual teve auxílio de uma espécie de catapulta para lançar o avião.

Ao longo dos anos os aviões ficaram mais elaborados e os equipamentos se tornaram mais confiáveis, começou-se então a utilização das aeronaves como meio de transporte de pessoas e de cargas. O maior avanço da aviação ocorreu entre as décadas de 20 e 30 do último século, com projetos comerciais e voos transatlânticos.

Com o desenvolvimento de materiais e técnicas, construiu-se aviões melhores e, atualmente, existem boeings, jatos, supersônicos, aviões comerciais e aviões militares mais modernos e avançados. Desde a década de 90, a tecnologia da aviação procura desenvolver aviões cada vez mais automatizados, seguros, eficientes, silenciosos e com menor consumo de combustível (CEAB, 2016).

Com o objetivo de tentar diminuir o consumo de combustível e assim diminuir as emissões de  $CO_2$ , as indústrias de fabricação de aeronaves tentam desenvolver aviões comerciais mais leves, porém com materiais resistentes (SIMÕES et al., 2003).

### 2.1.2 Emissão de $CO_2$ na aviação

Do total de emissões globais de carbono 2,5% são provenientes da aviação (CARBON MARKET WATCH, 2013). Estima-se que até 2030 ocorra um aumento significativo na demanda de transporte aéreo e conseqüentemente na emissão de carbono provenientes da aviação. Além disso, as emissões da aviação estão em acelerado crescimento e supera mais do que em dobro a taxa de crescimento do PIB mundial, isto indica uma perspectiva de aumento de emissões de 155% até 2036 (GONÇALVES, 2014).

As emissões de poluentes pelas aeronaves é o segundo aspecto ambiental de maior gravidade a ser considerado pelos órgãos ambientais (BRETTAS, 2001). Uma tentativa de controle das emissões é a regulamentação ambiental para as emissões de poluentes durante o pouso e decolagem das aeronaves. Em 1982, foi constituído o Comitê de Proteção Ambiental em Aviação Civil, órgão vinculado à Organização Internacional para a Aviação Civil. Este comitê atua especificamente na área de emissão de motores e indica os limites para cada poluente emitido pelas aeronaves nas operações de pouso e decolagem. Essa

regulamentação é mundial e órgãos competentes do país onde a aeronave foi registrada realizam medições com objetivo de verificar se a mesma emite poluente dentro dos limites indicados pelo comitê. Se estiver dentro dos limites, a aeronave recebe certificação que é concedida e validada. No Brasil, o Departamento de Aviação Civil (DAC) é o órgão que realiza as medições e certificações das aeronaves (ANAC, 2016).

Mesmo dentro dos limites indicados na regulamentação, o  $CO_2$  emitido pelas aeronaves causam sérios danos ambientais, com isto há a necessidade de se promover a redução do consumo de combustível e assim reduzir as emissões. Para isto surgiram várias pesquisas que criaram tecnologias que possam colaborar com a redução do impacto ambiental causado pela poluição das aeronaves.

## 2.2 Efeitos do $CO_2$ na atmosfera

O fenômeno do efeito estufa está associada ao aumento nas emissões de determinados gases poluentes. A maioria desses gases é emitida pela aviação e em quantidades suficientes para afetar o clima global (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1999).

As principais emissões aeronáuticas incluem: dióxido de carbono ( $CO_2$ ), óxidos de nitrogênio ( $NO_x$ ), óxidos de enxofre ( $SO_x$ ), monóxido de carbono (CO), vapor d'água e aerossóis (BRITO, 2013).

Um dos principais problemas causados pela emissão de  $CO_2$  é o efeito estufa. Efeito estufa é o acréscimo constante da temperatura da terra devido à absorção de radiação infravermelha terrestre por alguns gases conhecidos como gases de efeito estufa, tais como o  $CO_2$ , os clorofluorcarbonos (CFCs), o metano  $CH_4$  e outros. Sendo o  $CO_2$  o gás que mais contribui para o aquecimento global como mostra a Figura 2 (LORA, 2002).

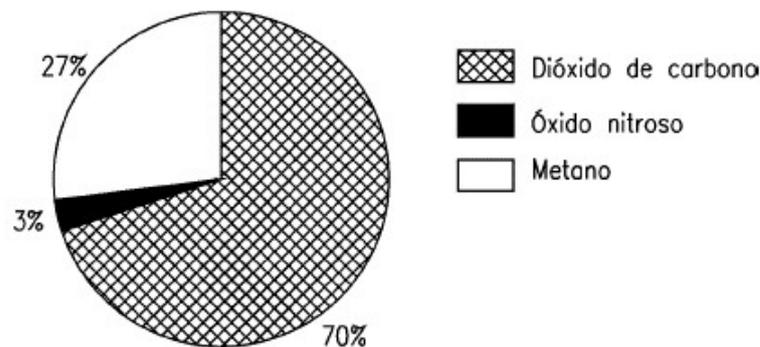


Figura 2 – Contribuição relativas dos diferentes gases estufa ao aquecimento global.  
Fonte: Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético (LORA, 2002).

O impacto das emissões de  $CO_2$  depende das mudanças que são induzidas na baixa atmosfera e seu efeito atmosférico que pode ser fotoquímico, dinâmico e de processo radiativo. Podem ocorrer mudanças nas concentrações de água, ozônio e particulados devido à mudanças climáticas (SIMÕES, et al., 2003).

Além disto, o  $CO_2$  pode afetar o próprio setor aeroviário, pois o aquecimento global pode dobrar a ocorrência de turbulência de céu claro nas viagens aéreas. Além de mais

frequentes, os balanços causados por variação de velocidade de correntes de ar que são normalmente menos comuns do que a turbulência ligada as tempestades devem ficar mais intensos até a metade deste século (ABAG, 2017).

### 2.3 Tecnologias utilizadas na redução da emissão de $CO_2$ na aviação

Como resultado de várias pesquisas existem tecnologias que envolvem tanto mudanças estruturais no próprio avião, quanto novas fórmulas de combustível para se promover a redução da emissão de  $CO_2$ .

#### 2.3.1 Mudanças estruturais

Algumas indústrias de fabricação de aeronaves desenvolvem aviões comerciais mais leves, mas com materiais resistentes (SIMÕES et al., 2003). Assim, aumenta-se a eficiência na utilização de combustíveis fósseis, reduz a quantidade do combustível usado e o volume de gases emitidos. Para isto é necessário um planejamento bem elaborado em relação aos materiais de que as aeronaves são construídas e as formas que esses aviões terão (DUTRA, 2009).

Algumas pesquisas, sobre os formatos dos aviões, são inspiradas em aves, e a partir destas pesquisas constatou-se que entre as mudanças estruturais do avião, deve-se haver um novo tipo de asas que podem se mover lateralmente e reduzir o arrasto aerodinâmico e, com isso, o consumo de combustível diminui em até 20% (ROSA, et al., 2012).

#### 2.3.2 Asas morfológicas

Uma inovação tecnológica desenvolvida pela NASA em parceria com o Laboratório de Pesquisas da Força Aérea dos Estados Unidos chamada de Projeto “Aviação Verde”, substitui os flaps por asas morfológicas. Os flaps, mostrados na Figura 3, são peças móveis localizadas na asa dos aviões que mudam de posição de acordo com a necessidade do piloto. As asas morfológicas mostradas na Figura 4, são compostas de uma peça única com superfície flexível que pode mudar de forma continuamente durante o voo. A inovação torna os aviões mais silenciosos e mais econômicos em termos de consumo de combustível (HANGAR, 2014).

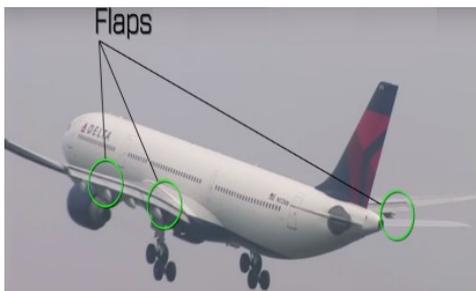


Figura 3 – Flaps nas asas do avião.  
Fonte: Site Olhar digital (2014).



Figura 4 – Asa morfológica.  
Fonte: Site Olhar digital (2014).

A escolha dos materiais para produção da asa foi um grande desafio para os pesquisadores, pois, os materiais precisavam ser elásticos o suficiente para que assumam os formatos desejados, mas rígidos o suficiente para lidarem com as grandes forças envolvidas no voo. Em princípio, foram utilizados compósitos reforçados com fibras de vidro e de

carbono já usados pela indústria aeronáutica. Posteriormente, o material metamórfico foi adequado às exigências de uma asa de avião. Futuramente pretende-se torná-las à prova de gelo e de raios, e resistente o suficiente para suportar o impacto de aves (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2009).

Foram realizados testes em Edwards, na Califórnia. Ao longo de seis meses, 22 voos de pesquisa com a nova tecnologia foram realizados. As asas ACTE (Adaptive Compliant Trailing Edge, algo como borda traseira adaptativa e responsiva) podem ser anguladas de 30 graus para baixo até 2 graus para cima. No entanto, em cada um dos voos de teste, a angulação das asas foi fixa, de forma a oferecer resultados mais precisos (NASA, 2015).

Essa tecnologia pode ser implementada em aviões antigos ao substituir apenas suas asas. Essa substituição geraria uma economia de combustível de 3% a 5%, contra uma economia de 8% a 12% em uma aeronave que já venha de fábrica com essa tecnologia (NASA, 2015).

### **2.3.3 Micro ranhuras nas asas dos aviões**

Outra forma de aumentar o aproveitamento de combustível é a criação de pequenas ranhuras sobre as asas da aeronave, o que reduz o arrasto por fricção superficial. As ranhuras fazem com que a asa movimente o ar à sua volta, como se estivesse sendo deslocada sem ter que se mexer (ROSA, et al., 2012).

Pequenos jatos de ar são redirecionados em volta das asas do avião de forma a criar um fluxo lateral que o faz ir de um lado para o outro sobre a asa e simula o movimento.

## **2.4 Novos Combustíveis**

Simultaneamente ao crescimento do modal aeroviário ocorre o aumento da demanda de combustíveis, algumas pesquisas buscam tecnologias para utilização de fontes renováveis de energia para diminuir a emissão de gases de efeito estufa gerados pelo consumo de combustíveis fósseis (VELÁZQUEZ, et al., 2012).

Algumas características são exigidas dos combustíveis utilizados na aviação, como: alta viscosidade energética, permitir potências elevadas, apresentar volatilidade adequada, possuir baixo ponto de congelamento, não conter água em solução, ser quimicamente estável e apresentar baixa corrosividade (CGEE, 2010).

Dentre os combustíveis mais utilizados na aviação estão: o querosene de aviação, utilizado em motores a reação, mais conhecido como JET A1 e a gasolina de aviação utilizada em motores a pistão, conhecida como Avgas 100LL (low lead – baixo chumbo) ou GAV 100LL (REALPE, 2016).

### **2.4.1 Combustíveis drop-in**

Combustíveis drop-in são combustíveis que atendem às especificações do equipamento e da infraestrutura disponíveis e apresentam fatores adversos, como cadeia de suprimento, desenvolvimento de aeronaves dedicadas, aceitação pública, entre outros (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2010). Eles também são quimicamente indistinguíveis do combustível tradicional e podem ser misturados a este, de modo a promover desempenho e segurança similares (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2010).

Um exemplo de combustíveis drop-in é o querosene sintético parafínico misturado com o JET-A1, que já está aprovado pela norma ASTM 7655, em proporção limitada a 50% (SUSTAINABLE WAY FOR ALTERNATIVE FUELS AND ENERGY IN AVIATION, 2011).

#### 2.4.2 Substituição de AVGAS por etanol (álcool combustível)

Em 2002 foi realizado o primeiro voo de uma aeronave com a substituição de AVGAS (gasolina de aviação) por etanol (álcool combustível). O motor utilizado para conversão foi Lycoming IO-0540-K1J5D, que equipa a aeronave EMB-202 Ipanema utilizado na agricultura mostrado na Figura 5.



Figura 5 – Avião agrícola modelo Ipanema movido a etanol.  
Fonte: EMBRAER (2014).

O álcool combustível é utilizado com sucesso em aeronaves agrícolas e representa uma fonte de energia renovável. Para a utilização do álcool foi necessário fazer alterações no motor da aeronave e converter todo os sistemas de combustível do motor. Foi trocado, desde as bombas de combustível, as mangueiras, a injetora, filtros, anéis de vedação, drenos, válvulas e sistema de cabos elétricos (EMBRAER, 2014).

#### 2.4.3 Utilização do pinhão manso como biocombustível

Um dos principais pontos de pesquisa para se obter redução de  $CO_2$  na aviação é a viabilização do uso de biocombustíveis. Existem algumas parcerias para produção de biocombustível, porém, o cultivo de matéria-prima dos biocombustíveis deve seguir algumas normas que incluem: não concorrer com o setor de alimentos e não interferir nos ecossistemas naturais (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2010).

A companhia aérea TAM utilizou em testes o pinhão-manso, mostrado na Figura 6, como matéria prima de biocombustível para a aeronave Airbus A320-214 mostrada na Figura 7. O pinhão manso, é pertencente à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona e da mandioca, e seu nome científico é *Jatropha curcas* (EMBRAPA, 2009).



Figura 6 – *Pinhão manso, matéria prima para produção de biocombustível.*  
Fonte: Biomassa (2012).



Figura 7 – *Avião da TAM movido a biocombustível.*  
Fonte: Revista Exame (2010).

O pinhão é impróprio ao consumo humano e quase não necessita de água (GAZZONI, 2010). Cumpre as normas exigidas para produção de biocombustível, pois não concorre com a cadeia alimentar por ser imprópria para consumo humano e animal, e não precisa de novas áreas para cultivo, pois pode ser cultivada junto com pastagens (RIBEIRO, 2010).

Em novembro de 2010, a aeronave Airbus A320-214 decolou e pousou no Aeroporto do Galeão, no Rio de Janeiro, utilizando o biocombustível proveniente do pinhão-manso (REVISTA EXAME, 2010).

#### 2.4.4 **Substituição do combustível pela utilização de placas de células fotovoltaica**

O desenvolvimento de aeronaves com placas de células fotovoltaicas tem como objetivo promover energias renováveis e demonstrar que viagens sustentáveis de avião são viáveis. O chamado Solar Impulse (do inglês impulso solar) mostrado na Figura 8, foi desenvolvido pelos suíços Bertrand Piccard e Andre Borschberg (NOTÍCIAS UOL, 2016).

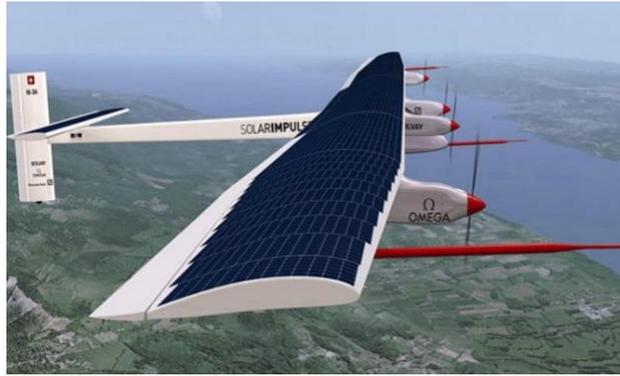


Figura 8 – Avião movido a energia solar.  
Fonte: Site de Notícias Uol (2016).

Após mais de uma década de estudos e testes em 25 de julho de 2016 o avião Solar Impulse se tornou o primeiro a dar a volta ao mundo movido a energia solar ao pousar em Abu Dhabi. A aeronave voou desde 9 de março de 2015, quando decolou da capital dos Emirados Árabes Unidos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As tecnologias estudadas apresentaram bons resultados para a economia de combustível e consequentemente para redução de emissão de  $CO_2$ . Foram apresentados os seguintes resultados:

- **Asas morfológicas:** Toda a superfície da asa se curva de acordo com as necessidades do piloto. Essa mudança reduz o consumo de combustível durante a decolagem e a aterrissagem e ocorre menor emissão de  $CO_2$  (OLHAR DIGITAL, 2014).
- **Micro ranhuras nas asas dos aviões:** Há uma diminuição no arrasto, na resistência que o ar impõe ao avanço do avião. Com menor arrasto, os motores gastam menos combustível porque fazem menos força e emitem menos  $CO_2$  (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2009).
- **Combustíveis drop-in:** Funciona perfeitamente sem necessidade de adaptação de frotas ou equipamentos existentes (HUPE, 2011). Este combustível reduz a emissão de  $CO_2$  em até 70% (EMBRAPA, 2017).
- **Substituição de AVGAS por etanol (álcool combustível):** O motor operou com temperatura mais baixa, o que favoreceu a manutenção. Notou-se excelente preservação das peças do motor e baixa quantidade de resíduos. O álcool utilizado na aviação agrícola no Brasil trouxe em alguns casos economia de 50% nos custos e aplicação de defensivos agrícolas. Estes combustíveis se mostraram, a curto prazo, uma das melhores opções para o problema de emissão de  $CO_2$  (RODRIGUES, 2009).
- **Utilização do pinhão manso como biocombustível:** Os motores com biocombustível obtiveram propriedades térmicas e hidrodinâmicas coerentes com as do combustível tradicional e reduziu a emissão de  $CO_2$  em 60% (REVISTA EXAME, 2010).

- **Substituição do combustível pela utilização de placas de células fotovoltaica:** Com a utilização das placas não há emissão de  $CO_2$ , o avião é alimentado apenas por energia provinda do sol e, além de fazer funcionar os motores elétricos, os painéis solares geram uma carga de energia extra para recarregar baterias, que fornecem o suprimento necessário para voos noturnos. (CENTRAL DE NOTÍCIAS BBC, 2016).

De acordo com as pesquisas, as mudanças estruturais ainda são estudadas e aplicadas a alguns modelos de aviões. Já as mudanças de combustíveis, apesar dos bons resultados apenas o modelo Ipanema continua a produção de motores movidos a etanol, várias limitações impedem que as referidas tecnologias sejam efetivamente aplicadas.

Após quinze anos do seu primeiro voo, o modelo Ipanema está compatível para a Certificação Aero agrícola Sustentável (CAS), o modelo se tornou a primeira aeronave produzida em série no mundo com certificação para voar com etanol. A utilização do etanol reduziu o impacto ambiental, os custos de operação e manutenção e ainda melhorou o desempenho geral da aeronave, tornando-a mais atrativa para o mercado. Hoje, cerca de 40% da frota em operação é movida a etanol e aproximadamente 80% dos novos aviões são vendidos com essa configuração (ECOTURISMO, 2017).

O combustível drop-in apresenta dificuldades para uso em grande escala devido ao alto investimento a ser feito no caso de uma infraestrutura paralela dedicada a um combustível não drop-in, onde virtualmente todos os grandes aeroportos são supridos por tubulações vindas diretamente das refinarias, esse investimento acusa um custo aproximado de um milhão de dólares por quilômetro de tubulação de combustível, e a estrutura atual deveria ser dobrada (SUSTAINABLE WAY FOR ALTERNATIVE FUELS AND ENERGY IN AVIATION, 2011).

Uma das barreiras para a utilização dos biocombustíveis é o preço, sendo que seu valor pode ser de 2 a 2,5 vezes maior que o dos combustíveis tradicionais (ABDI, 2009).

Outra barreira para o biocombustível é tornar-se competitivo pois possui maior custo e menor oferta. Para obter a queda de preços no futuro e viabilizar os combustíveis renováveis, serão necessárias diversas tecnologias de produção para atender às particularidades de cada região (REVISTA AEROMAGAZINE, 2015).

Os biocombustíveis disponíveis para a aviação são raros e caros, e as estimativas para o custo de produção dos biocombustíveis sugerem que as companhias aéreas gastariam o dobro do que gastam com o querosene, e, conseqüentemente, os seus passageiros também gastariam o dobro para adquirir suas passagens aéreas. Porém, espera-se que, com a maior oferta e maior utilização em operação, devido à escala, seus preços sejam reduzidos (SUSTAINABLE WAY FOR ALTERNATIVE FUELS AND ENERGY IN AVIATION, 2011).

Após um ano da volta ao mundo do Solar Impulse as pesquisas continuam, o objetivo é expandir o sistema de captação de energia solar através de placas fotovoltaicas para aviões comerciais. Com a retirada dos Estados Unidos do Acordo de Paris houve um recuo para o desenvolvimento de tecnologias mais limpas (CNBC, 2017).

O Acordo de Paris determina que os países desenvolvidos deverão investir 100 bilhões de dólares por ano em medidas de combate à mudança do clima e adaptação, em países em desenvolvimento (MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE, 2017). A saída dos Estados Unidos do Acordo de Paris causará dificuldades para o financiamento de novas

tecnologias.

## 4 CONCLUSÃO

De acordo com as referências estudadas é possível reduzir a emissão de  $CO_2$  no modal aeroviário, as tecnologias estudadas apresentaram bons resultados na economia de combustível e redução da emissão de poluentes. As tecnologias são comprovadamente eficientes para reduzir o  $CO_2$  mas suas aplicações se limitam a testes e aviões de pequeno porte. Apesar dos bons resultados não ocorre expansão na utilização destas tecnologias.

Ainda não ocorre uma contribuição efetivamente para a redução de  $CO_2$  por falta de incentivo financeiro. O alto custo para adaptação das aeronaves torna difícil e até mesmo inviável a adoção das referidas tecnologias. Para adequar as aeronaves, as empresas gastariam maior valor do que é gasto com combustível e o retorno seria a longo prazo. Em voos comerciais as companhias aéreas só as utilizarão caso haja uma compensação financeira.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAG – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AVIAÇÃO GERAL. **Transporte aéreo adota plano para estar na vanguarda ambiental**. Disponível em: <<http://www.abag.org.br/noticias/256.html>>. Acesso em 07 mai. 2017.

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Estudo prospectivo aeronáutico: relatório geral**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Série Cadernos da indústria ABDI, v. 14, 2009 - Brasília – DF, Brasil.

ANAC – AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **ANAC lança inventário de emissão de gases na aviação civil**. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/noticias/2014/anac-lanca-inventario-de-emissao-de-gases-na-aviacao-civil>>. Acesso em 07 mai. 2017.

BIOMASSA. **Embrapa busca equacionar variáveis e soluções para biodiesel de pinhão manso**. Disponível em: <<http://www.biomassabr.com/bio/resultadonoticias.asp?id=1761>>. Acesso em 15 jun. 2017.

BRETTAS, L. A M. **Gestão ambiental em companhias de aviação: um estudo de caso na VARIG**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). 128f. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001. Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

BRITO, T.F.N.; JUNIOR, W.C.S. **Emissões atmosféricas do setor aeroespacial no Brasil**. Anais do 15º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2009. São José dos Campos – SP, Brasil.

CARBON MARKET WATCH, 2013. Disponível em: <<http://carbonmarketwatch.org/>>. Acesso em 17 jun. 2017.

CEAB – Escola de Aviação. **A história e importância da aviação**. Disponível em: <<http://www.ceabbrasil.com.br/blog/index.php/artigos-aviacao/7219/>>. Acesso em 18

abr. 2017.

CENTRAL DE NOTÍCIAS BBC. **Avião movido a energia solar completa primeira volta ao mundo**. Disponível em: <<http://www.bbc.com/portuguese/geral-36900465>>. Acesso em 14 jun. 2017.

CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Biocombustíveis aeronáuticos: progressos e desafios**. CGEE, 2010. Brasília – DF, Brasil.

CNBC. **Solar impulse CEO says this can make air transport cheaper, cleaner, quieter and safer**. Disponível em: <<https://www.cnbc.com/2017/06/27/solar-impuls-e-ceo-electric-propulsion-technology-change-the-aviation-industry.html>>. Acesso 06 set. 2017.

DUTRA, P. A. **Poluição aeronáutica: impacto do setor aéreo ao meio ambiente**. Dissertação de Graduação, Universidade Católica de Goiás, 2009. Goiania – Goiás, Brasil.

ECOTURISMO. **EMBRAER apresenta ipanema 203 preparado para certificação aeroagrícola sustentável**. Disponível em: <<http://revistaecoturismo.com.br/turismo-sustentabilidade/agrishow-2017-embraer-apresenta-ipanema-203-preparado-para-certificacao-aeroagricola-sustentavel/>>. Acesso em 05 set. 2017.

EMBRAER. **Embraer celebra dez anos do ipanema movido a etanol**. Disponível em: <<http://www.embraer.com/pt-br/imprensaeventos/press-releases/noticias/paginas/embraer-celebra-dez-anos-do-ipanema-movido-a-etanol.aspx>>. Acesso em 16 jun. 2017.

EMBRAPA. **Pinhão-manso: cultivares, sistema de produção e destoxificação da torta são alvos da pesquisa**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1471675/pinhao-manso-cultivares-sistema-de-producao-e-destoxificacao-da-torta-sao-alvos-da-pesquisa>>. Acesso em 19 jun. 2017.

FAJER, M. **Sistemas de investigação dos acidentes aeronauticos da aviação geral – uma análise comparativa**. Programa de pós graduação em saúde publica, 2009. São Paulo – SP – Brasil.

FREIRE, L. L. A.; NASCIMENTO, D. M. **Panorama do ambiente regulatório do uso de biocombustível para aviação no Brasil**. Programa de Pós-Graduação em Transportes. Universidade de Brasília – UnB, 2015 - Brasília – DF, Brasil.

GAZZONI, M. **TAM planeja voar com bioquerosene de pinhão manso**. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/r1-tam-planeja-voar-biodiesel-pinhao-manso-280410.htm>>. Acesso em 15 jun. 2017.

GONÇALVES, V. K. **A inclusão da aviação no esquema europeu de comércio de emissões de carbono e o princípio das responsabilidades comuns mas diferenciadas**. 2º Seminário de Relações Internacionais: graduação e pós-graduação da Associação Brasileira de Relações Internacionais, 2014. João Pessoa – Paraíba, Brasil.

HANGAR. **Nasa testa asa de aeronave que substitui flaps**. Disponível em: <<http://blog.hangar33.com.br/nasa-testa-asa-de-aeronave-que-substitui-flaps/>>. Acesso em 15 jun. 2017.

HUPE, J. **Sustainable alternative fuels for aviation**. Produced by the Environment Branch of the International Civil Aviation Organization (ICAO). Montréal – Québec, Canada, 2011.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICAS. **Asas que balançam farão aviões gastar 20% menos**

**combustível.** Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=asas-que-balancam-farao-avioes-gastar-20--menos-de-combustivel&id=010170090528>>. Acesso em 15 jun. 2017.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Aviation and the global atmosphere.** A Special Report of IPCC Working Groups I and III. Cambridge: Univ. Press, 1999. Cambridge, Inglaterra.

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

LORA, E. E. S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte.** Editora Interciencia Ltda, 2002. Rio de Janeiro- RJ, Brasil.

MENDONÇA, Paulo C.c. de. **Transportes e seguros no comércio exterior.** 2. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2000.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **Acordo de Paris.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em 06 set. 2017.

NASA. **NASA successfully tests shape-changing wing for next generation aviation.** Disponível em: <<https://www.nasa.gov/press-release/nasa-successfully-tests-shape-changing-wing-for-next-generation-aviation>>. Acesso em 07 mai. 2017.

NOTÍCIAS UOL. **Avião movido a energia solar completa voo sobre o oceano pacífico.** Disponível em: <<http://noticias.ne10.uol.com.br/tecnologia/noticia/2016/04/24/aviao-movido-a-energia-solar-completa-voo-sobre-oceano-pacifico-610946.php>>. Acesso em 14 jun. 2017.

OLHAR DIGITAL. **Nasa testa asas de avião que mudam de formato durante voo.** Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/noticia/nasa-testa-asas-de-aviao-que-muda-am-de-formato-durante-o-voo/48289>>. Acesso em 14 jun. 2017.

REALPE, C. K. T. **Prospecção tecnológica de combustível renovável para aviação: estudo de caso do diesel verde.** Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016. Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

RENTES, V. C. **Gestão de gases de efeito estufa (GEE) no setor de aviação: o caso do Grupo Latam Airlines.** Universidade de São Paulo – USP, 2014 São Paulo – SP, Brasil.

REVISTA AEROMAGAZINE. **Os desafios do biocombustível.** Disponível em: <[http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/os-desafios-dosbiocombustiveis\\_2115.html](http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/os-desafios-dosbiocombustiveis_2115.html)>. Acesso em 14 jun. 2017.

REVISTA EXAME. **TAM lidera projeto de produção de bioquerosene de aviação.** Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/negocios/tam-lidera-projeto-de-producao-de-bioquerosene-de-aviacao/>>. Acesso em 15 jun. 2017.

RIBEIRO, A. **TAM vai testar avião movido a pinhão.** 2010. Disponível em: <<http://colunas.epoca.globo.com/planeta/2010/04/28/tam-vai-testar-aviao-movido-a-pinhao/>>. Acesso em 18 jun. 2017.

RODRIGUES, S. **Álcool combustível para aeronaves combustíveis alternativos e preservação do meio ambiente.** Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em Manutenção de Aeronaves, da Universidade Tuiuti do Paraná – Faculdade de Ciências

Aeronáuticas Curitiba, 2009. Curitiba – PR, Brasil.

ROSA, V. P.; ANDRADE, D. C. **Redução da emissão de gases contribuintes para o efeito estufa na aviação**. Projeto do curso de engenharia mecânica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2012.

SIMÕES, A. F.; SCHAEFFER, R. **Emissões de CO<sub>2</sub> devido ao transporte aéreo no Brasil**. Revista Brasileira de Energia. Vol. 9, nº 1, 2003. Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

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

VELÁZQUEZ, R. S. G.; KUBOTANI, R. T.; VELÁZQUEZ, S. M. S. G. **Novos combustíveis para a aviação: um estudo de caso**. Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, v. 12, n. 1, p. 77-93. 2012.