



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

FERNANDO HELENO DUARTE JÚNIOR

**AVIAÇÃO SUSTENTÁVEL:
AVANÇOS E BARREIRAS**

PALHOÇA

2019

FERNANDO HELENO DUARTE JÚNIOR

**AVIAÇÃO SUSTENTÁVEL:
AVANÇOS E BARREIRAS**

Projeto de pesquisa apresentado ao Curso de graduação em Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial para elaboração da monografia.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Patricia da Silva Meneghel

PALHOÇA
2019

FERNANDO HELENO DUARTE JÚNIOR

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^ª. Dr^ª. Patricia da Silva Meneghel

Prof. Esp. Marcos Fernando Severo de Oliveira

AGRADECIMENTOS

Dedico esse trabalho ao meu pai, Fernando Heleno Duarte, que com certeza iria comemorar bastante mais esse objetivo alcançado pelo seu filho, à minha mãe, Paula Frassinete Lins Duarte, que sem dúvidas está orgulhosa pela influência exercida sobre o tema escolhido para o trabalho, à minha esposa Cláudia Duarte pelo apoio incondicional e permanente, aos meus filhos Thalita, Dennis e Thainá simplesmente por existirem e serem quem são e aos meus amigos Alexandre e Margarete pela companhia, incentivo e suporte na elaboração.

RESUMO

O presente estudo tem a finalidade de listar projetos e soluções que possam diminuir ou eliminar totalmente a emissão de gases poluentes emitidos pela queima de combustíveis fósseis, resultantes do funcionamento dos motores aeronáuticos que equipam as aeronaves atualmente. Também visa identificar quais desses projetos estão caminhando para a efetiva exploração comercial, quais as dificuldades estão retardando essa aplicação prática e quais os caminhos que poderão levar à transposição desses obstáculos. É um trabalho bibliográfico, de caráter qualitativo e foram utilizadas como fontes de pesquisa sites, artigos acadêmicos, matérias jornalísticas, livros, etc. Diante das informações encontradas concluímos que as iniciativas a respeito de biocombustíveis estão bem adiantadas e em plena exploração comercial na aviação agrícola do Brasil e de outros países. O bioquerosene ainda não encontra-se em plena exploração comercial mas seu desenvolvimento já se mostrou viável e seguro para a utilização em aeronaves comerciais a jato ou turbo-hélices.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Biocombustível. Motor Elétrico. Emissões. Viabilidade

ABSTRACT

The present study aims to list projects and solutions that may reduce or totally eliminate the emission of pollutant gases emitted by the burning of fossil fuels, originating from the operation of the aircraft engines that currently equip the airplanes. It also aims to identify which of these projects are moving towards effective commercial exploitation, which difficulties are delaying this practical application and which paths may lead to the overcoming of these obstacles.

This study is a bibliographical work, of qualitative character and were used as research sources websites, academic articles, journalistic articles, books, etc..

Given the information found, we conclude that the biofuels initiatives are well advanced and in full commercial exploitation in the agricultural aviation of Brazil and other countries. Biokerosene is not yet in full commercial exploitation but its development has already proved viable and safe for use in commercial jet or turboprop aircraft.

Keywords: Sustainability. Biofuel. Electric motor. Emissions Viability

SUMÁRIO

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 8 |
| 1.1 PROBLEMA DA PESQUISA | 9 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 9 |
| 1.2.1 Objetivo Geral..... | 9 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos..... | 9 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA | 9 |
| 1.4 METODOLOGIA..... | 10 |
| 1.4.1 Recursos | 10 |
| 2 AVIAÇÃO SUSTENTÁVEL..... | 11 |
| 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 25 |
| REFERÊNCIAS | 27 |

1 INTRODUÇÃO

Nos primórdios da aviação a principal preocupação era de se construir aeronaves capazes de voar mais rápido, mais alto e que tivessem maior capacidade de carga possível. Com a conquista desses objetivos, o tráfego aéreo foi crescendo de forma gigantesca em virtude da comodidade, rapidez e segurança proporcionadas por esse tipo de transporte, utilizado por 62 bilhões de passageiros no primeiro século dos 105 anos de operação de linhas aéreas regulares. Assim sendo, cresceu também a quantidade de gases nocivos emitidos pelas aeronaves, resultantes da queima de combustíveis fósseis por seus motores. A poluição causada pela aviação corresponde a 12% do total de emissões nocivas geradas pelos diversos modais existentes.

Com o crescimento das iniciativas conservacionistas que tomaram vulto a partir do final do século XX e início do século XXI, a busca por aeronaves mais eficientes veio somar ao objetivo de economia de custos, a necessidade de se adequar às normas e convenções que estipulam os níveis máximos aceitáveis de emissão de gases produzidos pelos motores. Para atingir as metas previstas, vários fabricantes iniciaram pesquisas e desenvolveram soluções que já se encontram em prática comercial, como é o caso do Ipanema, avião agrícola fabricado pela da Embraer, primeira e única aeronave que utiliza biocombustível, no caso o etanol, para alimentar seu propulsor. Além do etanol, o bioquerosene também já é produzido em pequena escala e já se mostrou bastante eficiente nos testes postos em prática, com a vantagem de não se fazer necessária nenhuma modificação nos motores que utilizam o querosene resultante do refino do petróleo.

Outras iniciativas focadas na substituição dos motores a explosão ou jatos, por motores elétricos, já se mostraram viáveis e estão a ponto de serem produzidas e colocadas em operação num curto espaço de tempo. Aviões híbridos também são alternativas que já se mostraram bastante promissoras e estão em fase de testes para que se provem seguros e eficientes no transporte de passageiros e cargas. Aeronaves movidas a energia solar também já estão entre nós, inclusive dando a volta ao mundo e batendo oficialmente 19 recordes oficiais da aviação.

Nesse trabalho trataremos de detalhar esses projetos, identificando suas vantagens, dificuldades e avanços, buscando mostrar soluções para os principais problemas enfrentados pelos seus desenvolvedores, colaborando assim com o esforço mundial no sentido de preservar o planeta para as gerações futuras.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

- a) Em qual estágio se encontram os avanços tecnológicos, com relação à utilização de energias renováveis, na aviação mundial?
- b) Quais projetos de aeronaves não poluentes estão se demonstrando viáveis, quais já se encontram em operação, e quais barreiras estão sendo enfrentadas pelos seus desenvolvedores?
- c) Qual a eficiência de aeronaves ecologicamente sustentáveis, que utilizam combustíveis com baixo nível de emissões e energias alternativas tais como elétrica?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar em que estágio se encontram os projetos de aeronaves, com baixo ou nenhum nível de emissões de poluentes e apontar quais as principais barreiras enfrentadas pelos desenvolvedores dos referidos projetos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Descrever os primeiros projetos (Ipanema, Sora-e, Alice, E-Fan X, Solar Impulse e MOZI 2), suas evoluções, resultados positivos e falhas encontradas;
- Identificar os motivos pelos quais os diversos projetos enfrentam lentidão, resistências ou falta de apoio.

1.3 JUSTIFICATIVA

O mundo atual vive uma crise ambiental complexa, exigindo de governos e sociedades ações efetivas que colaborem com o desenvolvimento de forma sustentável tornando a vida no planeta viável, assim este trabalho revela-se importante, uma vez que a

aviação é um dos principais meios de transporte da atualidade, fazendo a conexão de pessoas e cargas, ou seja, interligando os países. Diante da importância deste meio de transporte, governos, empresas e a comunidade científica vêm empreendendo esforços para tornar o setor sustentável.

O presente trabalho tem a intencionalidade de colaborar com o esforço mundial, para evitar a degradação do meio ambiente, em virtude dos problemas causados pela emissão de poluentes, resultantes da queima de combustíveis fósseis pelos motores a explosão e a jato, utilizados pelas aeronaves, atualmente.

Identificando-se as barreiras enfrentadas para diminuir ou evitar a emissão de poluentes, a comunidade aeronáutica em geral, tais como pilotos, operadores, construtores e autoridades aeronáuticas, poderão direcionar esforços no sentido de colaborar e incentivar o desenvolvimento cada vez mais rápido de aeronaves não poluentes e mais econômicas.

1.4 METODOLOGIA

Este é um trabalho bibliográfico e de caráter qualitativo. Segundo Boccato (2006, p. 266), a pesquisa bibliográfica tem como finalidade:

[...] a resolução de um problema (hipótese) por meio de referenciais teóricos publicados, analisando e discutindo as várias contribuições científicas. Esse tipo de pesquisa trará subsídios para o conhecimento sobre o que foi pesquisado, como e sob que enfoque e/ou perspectivas foi tratado o assunto apresentado na literatura científica.

De acordo com Godoy (1995, p. 63), a pesquisa qualitativa interessa-se por “[...] verificar como determinado fenômeno se manifesta nas atividades, procedimentos e interações [...]”. Assim, na pesquisa qualitativa, os pesquisadores estão focados nos processos.

Nessa pesquisa será utilizado como fontes de informação sites, artigos acadêmicos, matérias jornalísticas, livros, etc.

1.4.1 Recursos

Como a pesquisa é bibliográfica, os recursos utilizados serão a internet, computador, celular e livros.

2 AVIAÇÃO SUSTENTÁVEL

Antigamente, na época do desenvolvimento das primeiras aeronaves, a preocupação com o impacto da emissão de gases produzidos pela queima de combustível nos motores utilizados era inexistente. Primeiro pela ínfima quantidade de aeronaves existentes e segundo, pela baixa potência desenvolvida por esses motores, o que fazia com que a quantidade de gases nocivos ao meio ambiente fosse insignificante e não provocasse um olhar conservacionista como temos nos dias atuais.

Algumas tentativas de equipar balões dirigíveis com motores elétricos não se mostraram eficientes em virtude do peso excessivo desses tipos de motores existentes naquele tempo.

Com o passar dos anos, o desenvolvimento dos aviões provocou um aumento gigantesco na quantidade de aeronaves utilizadas tanto no transporte de passageiros como de cargas, por se mostrar o meio mais rápido e seguro dentre as outras opções disponíveis. Segundo a Associação Brasileira das Empresas Aéreas – ABEA – (2015), são 105 anos de operações de linhas aéreas regulares, de 1914 a 2019 com 65 bilhões de passageiros transportados no primeiro século. Tudo isso tem seu custo ambiental representado principalmente pelas 739 milhões de toneladas de CO₂ emitidas pelas companhias aéreas em 2015, o que corresponde a 12% do total de emissões lançadas pelos meios de transporte.

No Brasil são 91 anos de operação contínua de linhas aéreas regulares com 570 milhões de passageiros transportados entre os anos de 1927 a 2001, e 1 bilhão de passageiros transportados pelas companhias aéreas nacionais de 2002 a 2016. No âmbito mundial nós tínhamos em 2015, a quantidade de 3,6 bilhões de passageiros transportados em voos domésticos e internacionais, pelas 1402 companhias aéreas comerciais em atuação, entre privadas e estatais (ABEA, 2015).

Numa empresa aérea, os custos com combustíveis representaram, na média entre 2002 e 2015, cerca de 33% do custo total. Em 2015 esse custo foi de 28,8% e segue uma tendência de redução em virtude principalmente da evolução dos motores aeronáuticos, que produzem mais potência utilizando menos combustível, além da eficiência aerodinâmica das aeronaves modernas, que utilizando materiais compostos, tornam-se cada vez mais leves e conseguem reduzir o arrasto resultante das forças que permitem o voo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS AÉREAS, 2015).

Mas mesmo com essa curva descendente de consumo de combustível, redução de custos e conseqüentemente menos emissões de gases nocivos ao meio ambiente, a mola mestra que move os estudos para continuar progredindo nessa direção é a redução dos custos financeiros das empresas. O apelo ecológico ainda não é o primeiro motivo que estimula essa busca pela redução de queima de combustíveis fósseis, mas a partir do início da década de 90 uma onda mundial, que envolveu populações e governos na busca pela preservação do nosso planeta, também atingiu a aviação como parte do esforço para a proteção da natureza como um todo.

A aviação impacta principalmente na atmosfera, e na busca por diminuir a degradação provocada a esse ambiente surgiram algumas soluções que estão sendo testadas e melhoradas para que se consiga atingir um nível de eficiência e confiabilidade possível de ser empregados em escala comercial. Aeronaves elétricas, motores que utilizam energias alternativas como a solar e biocombustíveis, são algumas das soluções encontradas para reduzir e até eliminar completamente a poluição provocada pelas aeronaves que dispomos nos dias atuais.

Dentre esses projetos, o Brasil se destaca por ter desenvolvido, pela Empresa Brasileira de Aeronáutica SA – EMBRAER - e ter disponibilizado no mercado mundial, a primeira e única aeronave vendida em série que utiliza biocombustível, honrando o legado pioneiro deixado por Santos Dumont, O Ipanema (EMPRESA BRASILEIRA DE AERONÁUTICA SA, S.d).

Foto 1 - Aeronave Ipanema a Etanol



Fonte: Marta Cavallini/G1 (2008)

O Ipanema é uma aeronave de uso agrícola, cujo motor utiliza o etanol como combustível, reduzindo a poluição provocada pela queima e gerando uma redução de custos que chega a quase zero nos casos de cultivo de cana de açúcar, onde o produto utilizado é produzido pela própria empresa que vai consumi-lo. O Ipanema utiliza um motor convencional para se deslocar, mas existem também iniciativas para produção de bioquerosene, utilizado em aeronaves que tem a turbina como propulsor.

Testes já se mostraram bastante promissores, mostrando que o combustível se presta muito bem para a utilização em larga escala, tendo como empecilho apenas o alto custo de produção. Não se mostrou necessária nenhuma modificação do motor que utiliza o querosene produzido a partir do petróleo e assim sendo, solucionado o problema da produção cara, o bioquerosene se mostra uma ótima opção para avanços na área da preservação ambiental (EMBRAER, S/D).

Segundo a ANAC no ano de 2016, as 65 empresas aéreas existentes no Brasil, consumiram 6.764.746 metros cúbico de querosene de aviação. Entre 27/09 e 07/10/2016 ocorreu a 39ª Assembleia da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), que aprovou o CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for Internacional Aviation), que entrará em vigor em 2020, obrigando a indústria de aviação civil dos países signatários a neutralizar ou compensar suas emissões de CO₂ acima da linha de crescimento neutro de

carbono. A forma mais efetiva de neutralizar o crescimento das emissões é pela substituição dos combustíveis fósseis por fontes renováveis.

Pedro Scorza, diretor de Biocombustíveis para Aviação da União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene (Ubrabio), afirma que o bioquerosene no Brasil é tecnicamente uma realidade. "Já existe uma planta certificada para produção de bioquerosene em Brotas (SP), que exporta para Europa, e outras plantas industriais (biodiesel, etanol ou químicas) que podem, com menores adaptações, se tornar produtoras de bioquerosene." Entretanto, ainda não há viabilidade econômica. "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. Do ponto de vista técnico, a produção de bioquerosene já existe e está inclusive certificada. "O Brasil é um país promissor neste sentido e internacionalmente conhecido pela sua grande experiência no uso de biomassa, como o etanol de cana-de-açúcar, o óleo de soja para o biodiesel e o eucalipto para a polpa de papel". (SCORZA, 2017).

Por causa destes fatores, acreditamos que podemos liderar o processo de substituição dos combustíveis fósseis na aviação por biocombustíveis. "Todavia, ainda não há produção em escala suficiente para tornar o produto economicamente atrativo", afirma Marcelo Gonçalves, engenheiro de Desenvolvimento de Produtos da Embraer. Com relação à matéria-prima necessária, o Brasil tem como suprir a demanda dos próximos anos.

Pedro Scorza (2017) comenta que nosso País tem posição privilegiada em relação aos concorrentes para se tornar líder na produção de bioquerosene. Segundo Scorza (2017, p.14), "Há condições de disponibilidade de terra agriculturável, clima e água, tradição na produção agrícola e duas indústrias de biocombustíveis bastante consolidadas (biodiesel e etanol)", o que viabiliza o desenvolvimento do projeto.

No diz respeito ao bioquerosene, o mercado brasileiro, se comparado aos volumes já processados de biodiesel e etanol, está consolidado. O bioquerosene é uma fração do que já se produz e, proporcionalmente, na necessidade de matérias-primas. As diversas tecnologias (*paths*) que levam ao bioquerosene permitem o uso de matérias-primas não tradicionais, como os resíduos municipais sólidos (lixo urbano) e alternativas como culturas perenes

para energia (floresta), elencando um extenso leque de potenciais que podem ser desenvolvidas a médio e longo prazo (SCORZA, 2017).

O grande desafio atual para produção de bioquerosene é a viabilidade econômica, seja pela ausência de políticas específicas para este segmento, seja pelo preço menor do querosene de origem fóssil. De acordo com Pedro Scorza, os outros requisitos tais como tecnologia, sustentabilidade, capacitação e qualidade já estão disponíveis. "O RenovaBio vem como o último degrau viabilizador da indústria do bioquerosene brasileira: a expectativa de uma modelagem de regras e políticas viabilizadoras que permitam a mudança de patamar tecnológico para uma escala industrial, suficiente para alcançar os ganhos de otimização de custos e aumento de tamanho de mercado necessários", diz, fazendo referência ao programa lançado para incentivo da expansão e produção de biocombustíveis no Brasil. Marcelo Gonçalves comenta que a indústria aeronáutica assumiu o compromisso de reduzir seu impacto ambiental e estabeleceu metas ambiciosas para reduzir emissões de dióxido de carbono em 50% até 2050, quando comparado aos níveis de emissão de 2005.

A indústria produz apenas (aproximadamente) 2% das emissões de dióxido de carbono lacado na atmosfera do planeta. Isso só ocorre porque uma série de iniciativas, como melhorias aerodinâmicas e motores mais eficientes. No entanto, essas iniciativas devem ser associadas a produção e utilização biocombustíveis (GONÇALVES, 2017).

Mantendo a tradição de estar sempre na vanguarda da aviação mundial, o Brasil também foi o primeiro país da América Latina a colocar no ar um avião elétrico tripulado. A Itaipu Binacional e a empresa ACS Aviation, de São José dos Campos (SP), efetuaram o voo inaugural desse avião em 23/06/2015. O voo e a apresentação oficial da aeronave, batizada de Sora-e, ocorreram na pista do aeroporto da empresa, localizado na margem paraguaia da usina, no município de Hernandarias.

Foto 2 - Aeronave Sora-e

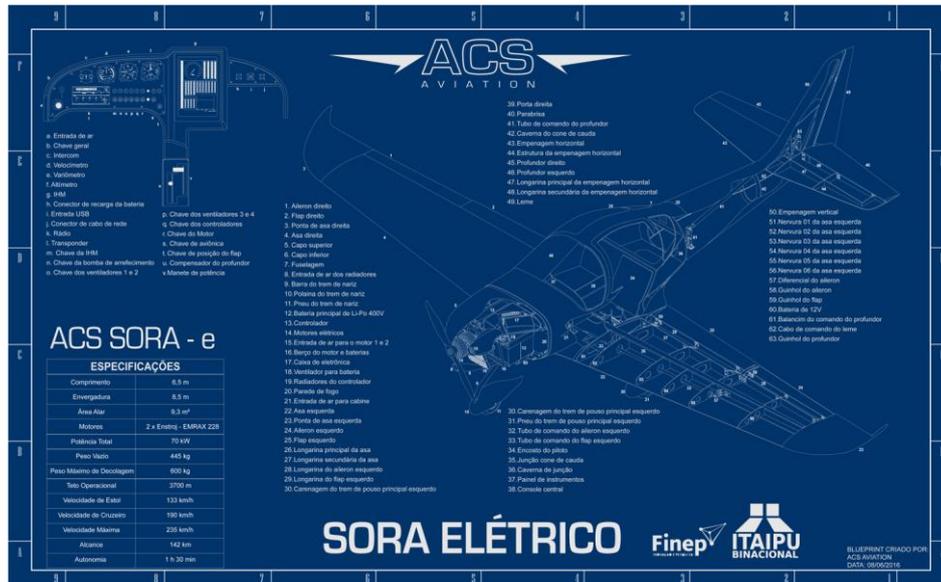


Fonte: ACS Aviation (2015)

O comandante e engenheiro Alexandre Zaramella, sócio-diretor da ACS Aviation, foi o piloto responsável pelo voo histórico, de apenas cinco minutos de duração, que a exemplo do curto e histórico voo do 14-Bis, foi o suficiente para situar o Brasil e nesse caso também o Paraguai, na vanguarda do desenvolvimento tecnológico de aeronaves tripuladas com propulsão elétrica (ITAIPU BINACIONAL, 2015). O comandante Zaramella comemorou o voo e salientou que Itaipu e ACS partiram do zero para desenvolver a nova tecnologia. “Conseguimos em pouco tempo o desenvolvimento completo da aeronave. E o voo foi muito bom, dentro do esperado e de forma tranquila”. Ainda segundo ele, “o Sora-e é mais silencioso e a resposta do motor elétrico é mais rápida do que no sistema a combustão”. (ZARAMELLA, ANO 2015, p. 2)

Zaramella (2015) destacou que a “curva de torque”, ou seja, a resposta do avião ao comando de potência do piloto, “é a grande diferença”, na comparação com o avião convencional. “O avião elétrico está mais na mão.”

Figura 1 - Sora-e Ficha técnica



Fonte: ACS Aviation (2016)

O **Sora-e**, desenvolvido pelas equipes técnicas de Itaipu e da ACS, está equipado com dois propulsores Enrax, de 35 kW cada um, fabricados na Eslovênia, e seis packs de baterias de lítio íon polímero, totalizando 400 volts. O modelo pode levar duas pessoas (piloto e passageiro) e tem autonomia de 45 minutos de voo, expansível para uma hora e meia, com velocidade de cruzeiro de 190 km/h e velocidade máxima de 340 km/h.

A estrutura é de fibra de carbono e a hélice foi fabricada nos Estados Unidos, pela empresa Craig Catto, atendendo as especificações do projeto. Com 8 metros de envergadura, a aeronave pesa 650 quilos. As pesquisas para desenvolver o Sora-e começaram em 2012, dentro do Programa VE de Itaipu, em parceria com própria ACS Aviation e a Finep, vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. A base do projeto foi o modelo esportivo acrobático ACS-100 SORA, com motor a combustão, produzido pela empresa paulista. Os testes de bancadas e simuladores foram feitos em agosto de 2014 no Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Montagem de Veículos Movidos a Eletricidade (CPDM-VE) de Itaipu (O DEFESANET, 2015).

Já os ensaios em solo foram concluídos em dezembro, em São José dos Campos. O primeiro voo de avaliação técnica, fechado para a imprensa, ocorreu no dia 18 de maio, também em São José dos Campos, com a presença da equipe técnica de Itaipu.

O modelo foi certificado pela Agência Nacional de Aviação Civil (Anac) na categoria Pesquisa e Desenvolvimento. De acordo com Celso Novais, o interesse de Itaipu no projeto é aprofundar os estudos sobre materiais compostos usados no setor aeronáutico,

considerados fundamentais para a redução do peso dos veículos elétricos, pois quanto menor o peso, maior será a autonomia disponível e consequentemente o alcance de voo da aeronave. “O avião é um meio de transporte em que o peso é determinante. Por isso, esse know-how nos ajudará a encontrar soluções para melhorar a autonomia dos nossos veículos elétricos”, comentou Celso. O principal objetivo da ACS Aviation, é viabilizar modelos elétricos comerciais e ajudar a impulsionar este mercado. Zaramella salientou que o maior desafio do setor, hoje, é desenvolver baterias com maior densidade, para aumentar a autonomia dos modelos elétricos. “A gente espera que em cinco ou dez anos já tenhamos baterias para aviões com até quatro ocupantes. O Sora-e é o caçula da família de elétricos de Itaipu, que desde 2006 desenvolve o Programa VE, produzindo veículos terrestres em parceria com companhias do Brasil e do exterior. O trabalho já resultou em mais de 80 protótipos elétricos, cuja metade está incorporada à própria frota e o restante operando com os demais parceiros do programa. Dentre os veículos produzidos estão carros de passeio, caminhões, utilitários e ônibus, todos movidos por motores elétricos.

A empresa ainda trabalha no projeto da bateria de sódio nacional, com recursos da Finep e parceria com o Parque Tecnológico Itaipu (PTI), e também desenvolve projeto na área de armazenamento de energia, em conjunto com o Exército brasileiro.

Outro projeto de aeronave elétrica existente, foi apresentado em junho deste ano de 2019 no Salão Internacional da Aeronáutica e Espaço de Paris - Le Bourget, também conhecido como Paris Air Show. Trata-se da aeronave batizada de Alice, desenvolvida pela empresa israelense Eviation, que se destina ao transporte de até 9 passageiros.

O alcance da aeronave divulgado pela fabricante é de 1040 km a uma velocidade de 440km/h, características que a definem como uma aeronave para utilização em rotas regionais ou ainda seu emprego como aeronave executiva da aviação geral. Espera-se que esta aeronave esteja sendo empregada a partir de 2022 e já existem encomendas firmes de empresas que operam linhas aéreas regionais nos Estado Unidos.

O Alice possui três motores, localizados um na cauda e dois nas pontas das asas, configuração pouco convencional que foi desenhada para permitir uma operação eficiente em virtude da neutralização do efeito do arrasto induzido (BBC/NEWS BRASIL, 2019).

Foto 3 - Aeronave Alice



Fonte: seudinheiro.com (2019)

O Alice possui 3.800 kg (8.380 lb) de baterias instaladas, que fornecem 900 kWh de capacidade de energia. Comparado com o Cessna Caravan, o Alice é mais rápido e oferece maior potência. No entanto tem um alcance menor e um peso estrutural maior. Alice pesa 6.350 kg (14.000 libras), dos quais 60% correspondem às baterias, e seus três motores magniX magni250 possuem uma potência combinada de 800 kW (1.070 shp).

A relação peso/potência, permite que Alice decole em menos de 700 m, possibilitando a operação em pequenos aeroportos longe dos grandes centros. A meta do fabricante é obter um valor de custo operacional de US\$ 200 por hora de voo, cerca de 20% do custo de aeronaves turbo-hélice concorrentes.

O programa foi financiado por investidores e pelos próprios fundadores da Eviation, mas a companhia ainda necessita de US\$ 200 milhões para concluir a certificação e iniciar a produção em série da aeronave. A empresa está buscando a certificação de tipo até o final de 2021.

O teste e a certificação de voo serão realizados nos Estados Unidos, em Prescott, Arizona, em parceria com a Embry-Riddle Aeronautical University (ERAU), que disponibilizará o piloto de testes e supervisionará os testes de voo para aumentar o esforço de certificação.

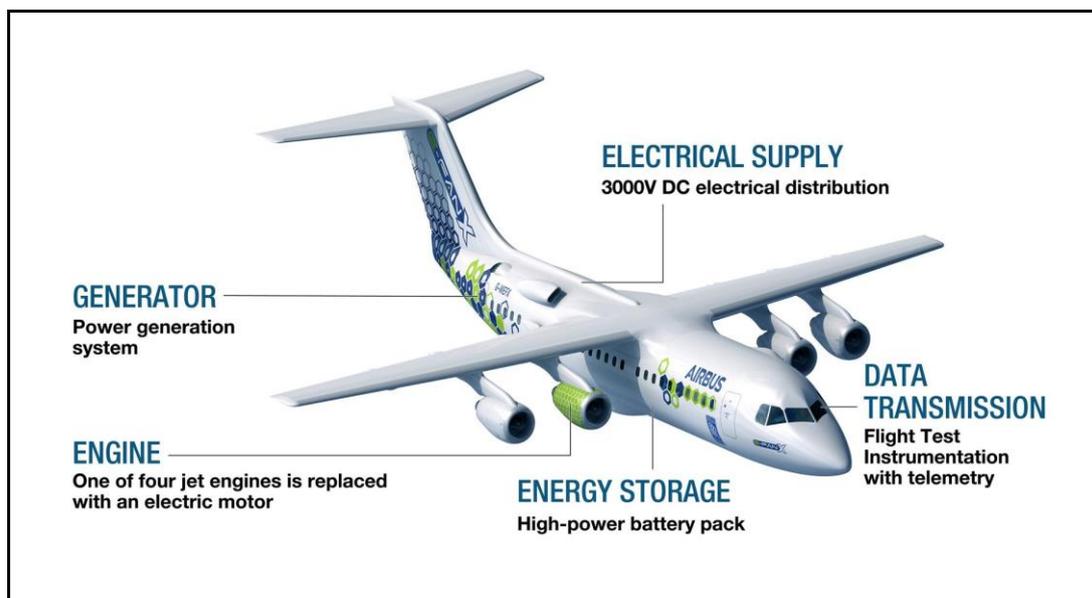
As aeronaves elétricas estão se mostrando viáveis para voos de curta e média distância, mas para voos longos de mais de 1500km, responsáveis por 80% das emissões de gases poluentes, a tecnologia das baterias não evoluiu o suficiente para permitir a viabilização dessa modalidade de propulsão. Para se ter uma ideia, um Airbus A320 de hoje, teria seu alcance reduzido para apenas 1/5 do que é possível com os motores atuais, tendo ainda sua carga máxima reduzida pela metade.

A exemplo do que já é explorado em série na indústria automobilística, a Airbus, a Rolls_Royce e a Siemens estão cooperando na criação de um avião híbrido elétrico e estima-se que ele possa estar voando em 2021. O projeto em andamento visa a transformar um avião comercial Bae 146 / RJ100 no demonstrador elétrico-híbrido E-Fan X.

O E-Fan X é uma aeronave complexa. Na aeronave de teste, um dos quatro motores a jato será substituído por um motor elétrico de 2MW, que equivale a aproximadamente ao de 10 carros de tamanho médio. A unidade de propulsão elétrica é alimentada por um sistema de geração de energia além de baterias. Quando é necessária alta potência - na decolagem, por exemplo - o gerador e a bateria fornecem energia juntos (AIRBUS, S.d).

Na quarta-feira, dia 16/10/2019, o jato regional BAe 146 / RJ100 (apelidado carinhosamente de “jumbolino”) fabricado há 19 anos, pousou na fábrica da Airbus em Toulouse-França. Agora, inicia-se a fase de reforma em toda a cabine. Baterias mais modernas serão instaladas a bordo, além de um potente gerador atrás da asa na fuselagem, um sistema de alimentação de 3000 volts e um grande número de equipamentos de testes. E concluindo as modificações, será substituído um dos motores a jato, o motor interno direito “número 3”, por um motor elétrico (AEROIN, 2019).

Figura 2 - Aeronave E-Fan X



Fonte: Aeroiin.net (2019)

O protótipo E-Fan X experimentará o comportamento dos sistemas de propulsão de alta potência, na presença de efeitos térmicos, gestão do empuxo elétrico, efeitos dinâmicos e de altitude em sistemas elétricos, bem como problemas de interferência

eletromagnética. O objetivo é evoluir e aprimorar a tecnologia, o desempenho, a segurança e a confiabilidade, permitindo avanços rápidos na tecnologia híbrido-elétrica.

O programa também visa estabelecer os requisitos para a futura certificação de aeronaves movidas eletricamente, enquanto treina uma nova geração de projetistas e engenheiros para tornar realidade a exploração comercial de aviões híbrido-elétricos. Cada integrante do programa E-Fan X, a Airbus, a Rolls-Royce e a Siemens, atuará com sua vasta experiência e know-how em suas respectivas áreas.

A Airbus será responsável pela parte estrutural, bem como pela arquitetura de controle do sistema de propulsão híbrido-elétrico e suas baterias, durante as operações de voo. A Rolls-Royce por sua vez será responsável pelo motor turbo-eixo, pelo gerador de dois megawatts e pela eletrônica de potência.

Além disso, em parceria com a Airbus, executará a adaptação da ventoinha à nacele que abriga o motor a jato original e ao motor elétrico da Siemens. E finalmente a Siemens fornecerá o motor elétrico de dois megawatts e sua unidade de controle eletrônico de potência, bem como o inversor, o conversor AC/DC e o sistema de distribuição de energia.

O projeto E-Fan X é mais um passo dado pela Airbus que pretende em 2035 colocar no mercado o primeiro Airbus A320 híbrido, aeronave bastante utilizada atualmente em linhas aéreas regulares com motores a jato. Os primeiros passos nessa direção foram dados em 2010 com o CriCri – o primeiro avião totalmente elétrico do mundo.

Depois a Airbus também produziu o E-Fan 1.0 totalmente elétrico e o híbrido E-Fan 1.2, que combinou um motor de 60 kW com um motor a combustão. Cada projeto desses representava uma evolução com relação ao anterior que tem como objetivo culminar na produção de aeronaves do porte do A320.

O projeto mais ousado na área de aviação sustentável é o Solar Impulse, desenvolvido na Escola Politécnica Federal de Lausanne (EPFL) – Suíça, cujos estudos de viabilidade começaram em 2003. Em 2006 foi apresentado o primeiro protótipo e efetuados os primeiros voos. A aeronave utiliza conceitos presentes nos planadores, com uma grande área de asa e uma estrutura bastante leve, o que além de permitir uma baixa carga alar, oferece uma superfície ampla para a instalação dos painéis foto voltaicos (SOLARIMPULSE FOUNDATION, 2016).

Foto 4 - Aeronave Solar Impulse II



Fonte: abc.net.au (2016)

A aeronave monoplacete, cuja envergadura chega a ser comparável a de um Boeing 747 ou de um Airbus A380, apresenta muitos desafios a serem até torna-la viável para a exploração comercial. Voando a velocidades entre 50 e 100 km/h, o Solar Impulse II completou em julho de 2016 seu voo ao redor do planeta, iniciado em março de 2015 e interrompido durante 10 meses no Havaí, em virtude de problemas técnicos em suas baterias que superaqueceram.

O voo de circunavegação do Solar Impulse II, teve início e ponto de chegada em Abu Dhabi capital dos Emirados Árabes Unidos e foi pilotado por André Borschberg e Bertrand Piccard, um dos idealizadores do projeto, que se revezaram nas 17 etapas da jornada de 42.000km.

Na parte mais longa, entre Nagoya, no Japão e o Havaí, nos EUA, quebrou o recorde mundial absoluto de mais longa duração de voo ininterrupto - foram quase 118 horas. Além desse recorde foram quebrados oficialmente outros 18 durante o voo.

Diferente dos projetos que o antecederam, o Solar Impulse 2 é capaz de armazenar energia suficiente nas suas baterias durante o dia para voar toda a noite. Trata-se de uma capacidade conquistada graças a várias inovações tecnológicas dos industriais associados ao projeto, e potencialmente reproduzíveis para o uso em outros projetos.

A Solvay, indústria química belga, desenvolveu acumuladores mais leves e que ao mesmo tempo têm maior capacidade de armazenagem de energia. Eles também desenvolveram um material composto que deixa a estrutura do avião mais leve. Outra parceira do projeto, a Sunpower, fabricante americano de painéis solares, desenvolveu as células fotovoltaicas com rendimento diferenciado e mais eficiente do que as células comuns utilizadas para outras aplicações. Assim, o projeto conta com “a maior potência possível com uma superfície reduzida”, explica Cédric Philibert, especialista em energias renováveis da Agência Internacional de Energia (IEA).

O destaque do Solar Impulse “é principalmente o sistema” como um todo, ou seja, a combinação “do que gera eletricidade, o que a armazena e os materiais que permitem transportar os passageiros”, afirmou por sua vez Vincent Jacques Le Seigneur, diretor do Observatório francês de Energias Renováveis, e não apenas uma inovação isolada.

Seguindo a linha de aeronaves autônomas, não tripuladas, a China também desenvolveu um projeto movido a energia solar, o MOZI 2 que fez seu voo inaugural no mês de julho desse ano.

Foto 5 - Aeronave MOZI 2



Fonte: Olhar Digital (2019)

Produzido pela Oxai Aircraft a aeronave é bem menor do que o Solar Impulse II tendo uma envergadura de apenas 15 metros. Pensada para ser uma aeronave de observação, poderá ser utilizada em busca e salvamento, além de trabalhos de vigilância, bem como plataforma facilitadora para comunicações. A exemplo do projeto citado anteriormente, o MOZI 2 também voa a baixas velocidades e pode atingir 8 mil metros de altitude durante o

voo. O MOZI 2 tem a capacidade de voar 12 horas durante a noite, após 8 horas de carregamento sob luz solar.

Os desenvolvedores do projeto não divulgaram detalhes do projeto, mas podemos notar que a aeronave possui quatro motores, no entanto não sabemos o fabricante dos mesmos ou se a Oxai o construiu em parceria com outras empresas. (BRUNA LIMA, 2019). Como podemos observar o Solar Impulse tem servido de inspiração, como laboratório e fonte de dados para a criação de aeronaves que a exemplo dele, usam apenas a energia solar para produzir o empuxo necessário para manter o voo (BRUNA LIMA, 2019).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo resultado das pesquisas realizadas podemos concluir que os biocombustíveis já são uma realidade e se mostraram eficientes, tanto para promover a redução dos poluentes como para gerar economia de custos de operação. A comprovação disso é a aeronave Ipanema da Embraer que é fabricada em série e que utiliza o etanol como combustível operacional. Quanto ao uso do bioquerosene ainda faltam políticas de governo para que sua utilização seja colocada em prática pela aviação de linhas aéreas regulares, segmento que é responsável pela maior parte das emissões de gases poluentes. A pequena produção atual faz com que o preço do bioquerosene seja maior do que o querosene de origem fóssil, mas a partir do momento que a produção atinja uma escala significativa a tendência do preço do querosene alternativo é cair, até porque o próprio lixo produzido por nós poderá ser usado como matéria prima.

Com relação ao modelo elétrico produzido pela Itaipu Binacional e a empresa ACS Aviation, o Sora-e, a aeronave se mostrou eficiente no que diz respeito ao desempenho de voo, inclusive mostrando-se mais eficaz no ajuste da potência dos motores necessária para as manobras. A capacidade de passageiros é reduzida em decorrência do peso das baterias utilizadas na aeronave, problema esse comum a todos os projetos de aeronaves elétricas. A evolução das baterias, tornando-as mais leves e mais eficientes, proporcionará um incremento na capacidade de carga tanto do Sora-e como de outras aeronaves movidas a energia elétrica.

Ao contrário do Sora-e que é uma adaptação de um modelo convencional já existente, a aeronave Alice foi projetada para ser elétrica desde o início, e por isso mostrou sua viabilidade comercial para rotas regulares de pequeno alcance. Hoje a maior dificuldade que a fabricante Eviation enfrenta é a necessidade de investir US\$ 200 milhões para concluir a certificação e iniciar a produção em série da aeronave.

No entanto os estudos sobre aeronaves elétricas de grande porte não conseguiram comprovar a viabilidade técnica e econômica de tais modelos em virtude da necessidade de grande quantidade de baterias para alimentar motores suficientemente fortes para fazer voar os grandes pássaros metálicos.

A solução encontrada para solucionar esse problema foi a utilização de um sistema híbrido de propulsão, que está sendo desenvolvido em conjunto pela Airbus, a Rolls-Royce e a Siemens. O projeto consiste em substituir um dos quatro motores do jato BAe 146 / RJ100 por um motor elétrico e a partir dessa adaptação testar os sistemas instalados e suas reações às temperaturas extremas, variações de pressão e campos eletro-magnéticos, para

depois produzir um jato maior com motores convencionais e elétricos trabalhando juntos. A previsão é que em 2035 já estejam em uso regular os jatos A320 híbridos.

O mais ousado e difícil de reproduzir é o sonho de viabilizar uma aeronave que use apenas a energia solar como combustível. Projetos na área assemelham-se mais a planadores do que a aviões motorizados. São muito grandes para possibilitar a obtenção da sustentação necessária para suportar o peso dos motores e baterias bem como demais equipamentos necessários ao voo. O Solar Impulse 2 conseguiu a façanha de dar uma volta ao redor do nosso planeta, mas sofreu um superaquecimento das baterias que atrasou a viagem em 10 meses. A aeronave voa muito lentamente e só leva um ocupante, o piloto. Esse fato por si só já inviabiliza o projeto para exploração comercial, mas permite que outros projetistas possam partir do ponto onde uma aeronave já deu a volta ao mundo e a partir daí buscar soluções que melhorem o desempenho de futuros aviões solares. Como exemplo temos o MOZI 2 que é uma aeronave não tripulada, de vigilância, busca e salvamento além de servir como plataforma facilitadora para sistemas de comunicação.

Devido à falta de informações sistematizadas e à localização geográfica do autor da pesquisa, notadamente fora do espaço de desenvolvimento tecnológico na área aeroespacial brasileira, a pesquisa ficou circunscrita às informações obtidas em jornais, revistas e sites. Esses foram os principais fatores limitantes do trabalho apresentado.

Novas investigações deverão voltar seus olhos para o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes de geração e acumulação de energia elétrica, aproveitamento mais efetivo da energia solar e também sobre os resultados obtidos nos futuros testes que serão apresentados pelos projetos citados anteriormente, bem como a criação de novas políticas de incentivo à utilização de biocombustíveis.

REFERÊNCIAS

- AEROIN. Airbus recebe avião RJ100 “jumbolino” que será usado em testes de sistemas e motores elétricos. Disponível em: <https://www.aeroin.net/airbus-recebe-aviao-rj10-jumbolino-que-sera-usado-em-testes-de-sistemas-e-motores-eletricos/> (2019). Acesso em out. de 2019.
- AIRBUS. **E – FAN X**. Disponível em: <https://www.airbus.com/innovation/future-technology/electric-flight/e-fan-x.html>, (S.d). Acesso em out. de 2019.
- ANELLI, André. **Aviação civil discute qual será matéria-prima de bioquerosene**. Disponível em: <https://canalrural.uol.com.br/programas/aviacao-civil-discute-qual-sera-materia-prima-bioquerosene-74263/>, (2018). Acesso em out. de 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS AÉREAS. **Aviação no mundo**. Disponível em: <http://panorama.abear.com.br/a-aviacao-no-mundo/a-aviacao-mundial-hoje/a-industria-em-2015/#c>, (s/d). Acesso em out. de 2019.
- BBC NEWS. **Avião movido a energia solar completa volta ao mundo**. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-36900465>, (2016). Acesso em out. de 2019.
- BOCCATO, V. R. C. **Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação**. Rev. Odontol. Univ. Cidade São Paulo, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006.
- BOWLER, Tim. **Alice, o primeiro avião comercial totalmente elétrico**. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-48699591#>, (2019). Acesso em out. de 2019.
- DEFESANET, O. **SORA-E - Voa o 1º Avião Elétrico da América Latina**. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/tecnologia/noticia/19571/SORA-E---Voa-o-1--Aviao-Eletrico-da-America-Latina/> (2015). Acesso em out. de 2019.
- EMPRESA BRASILEIRA DE AERONÁUTICA SA. **Ipanema 203**. Disponível em: <https://agricultural.embraer.com/br/pt/ipanema-203>, (S/d). Acesso em out. de 2019.
- GODOY, Arlinda Schmidt. **Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais**. In: Revista de Administração de Empresas. São Paulo, v.35, n.3, p. 20-29, Mai./Jun. 1995.
- GONÇALVES, Marcelo. **Bioquerosene: uso de renováveis na aviação**. In: Canal, Jornal da Bioenergia. Goiânia, n. 123, p. 12-17, Mai. 2017. Disponível em: <http://www.canalbioenergia.com.br/wp-content/uploads/2017/05/CANAL-123-.pdf>. Acesso em nov. de 2019.
- ITAIPU BINACIONAL. **ITAIPU faz voo histórico do 1º avião elétrico tripulado da América Latina**. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/noticia/itaipu-faz-voo-historico-do-1-aviao-eletrico-tripulado-da-america-latina>, (2015). Acesso em out. de 2019.
- OLHAR DIGITAL. **Avião Chinês não tripulado movido por energia solar faz voo inaugural**. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/noticia/aviao-chines-nao-tripulado-movido-por-energia-solar-faz-voo-inaugural/88699>, (2019). Acesso em out. de 2019.
- SOCOZA, Pedro. **Bioquerosene: uso de renováveis na aviação**. In: Canal, Jornal da Bioenergia. Goiânia, n. 123, p. 12-17, Mai. 2017. Disponível em: <http://www.canalbioenergia.com.br/wp-content/uploads/2017/05/CANAL-123-.pdf>. Acesso em nov. de 2019.

FOUNDATION, Solarimpulse. **Historic Flight**. Disponível em: <https://aroundtheworld.solarimpulse.com/adventure> (2016). Acesso em out. de 2019.

ZARAMELLA, Alexandre. **Itaipu faz voo histórico do 1º avião elétrico tripulado da América Latina**. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/noticia/itaipu-faz-voohistorico-do-1o-aviao-eletrico-tripulado-da-america-latina>, (2015). Acesso em out. de 2019.