

**VIABILIDADE DE MOTORES ELÉTRICOS NA AVIAÇÃO REGIONAL****Felipe Braga Fruto<sup>1</sup>****Édson Cabral<sup>2</sup>****Francisco Conejero Perez<sup>3</sup>****RESUMO**

O avanço tecnológico na aviação tem impulsionado a viabilidade da propulsão elétrica, evidenciada por projetos como o Caravan e AMP-H70. A crescente aplicabilidade dos motores elétricos, apesar de seus benefícios ambientais, enfrenta desafios como densidade de energia das baterias e regulamentações. No entanto, esforços da indústria, como a NASA, visam promover a adoção dessas tecnologias para alcançar emissões zero de carbono até 2050. Nos últimos anos, avanços em baterias e motores elétricos estão tornando a propulsão elétrica viável na aviação. Projetos como o eCaravan da Magnix e AeroTEC e o híbrido-elétrico da Ampaire demonstram essa viabilidade. Motores elétricos estão sendo implementado em aeronaves, primeiramente para fazer voos regionais e de curta distância, como eVTOLs e aeronaves de instrução, devido à eficiência energética e baixa emissão de poluentes. Programas como o *Electrified Powertrain Flight Demonstration* (EPFD) da NASA incentivam essa tecnologia. A adoção de motores elétricos traz benefícios ambientais e operacionais, mas enfrenta desafios como a densidade energética das baterias e a infraestrutura de suporte, a segurança das baterias de íons de lítio também é uma preocupação. A tecnologia de motores híbridos com hidrogênio também enfrenta desafios em sua produção e armazenamento, empresas como Universal Hydrogen está desenvolvendo kits de conversão para aeronaves regionais. A abordagem utilizada consiste em uma revisão abrangente da literatura atual sobre motores elétricos na aviação, utilizando artigos científicos, relatórios de empresas, publicações governamentais e notícias especializadas. Esses estudos indicam que motores elétricos podem reduzir significativamente os impactos ambientais da aviação. Com o desenvolvimento contínuo de baterias e motores mais eficientes, a aviação elétrica se tornará viável a longo prazo.

**Palavras-chave:** Propulsão elétrica; aviação; desafios; impactos ambientais.

<sup>1</sup> Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Pilotagem Profissional de Aeronaves. Escola Superior do Ar. Bacharel em Ciências Aeronáuticas (Unisul). E-mail: [felipebfruto@escoladoar.com.br](mailto:felipebfruto@escoladoar.com.br)

<sup>2</sup> Doutor em Geografia Física (Climatologia Urbana) (USP, 2002). Mestre em Geografia Física (Climatologia Urbana) (USP, 1997). Especialista em Administração de Empresas – Comércio Exterior (FECAP, 1993). Licenciado em Geografia (USP, 1991). Bacharel em Geografia (USP, 1986). Professor de Meteorologia Aeronáutica da Escola Superior do Ar e LATAM no curso de Ciências Aeronáuticas da Escola Superior do Ar. E-mail: [edson.cabral@escolasuperiordoar.com.br](mailto:edson.cabral@escolasuperiordoar.com.br)

<sup>3</sup> Coordenador do Curso Superior de Tecnologia em Pilotagem Profissional de Aeronaves pela EAR – Escola Superior do Ar, Guarulhos, Brasil, Professor Faculdade de Tecnologia AeroTD, formado em pedagogia pela Universidade Ibirapuera em 2002, Mestre em Educação pela Universidade Mackenzie em São Paulo, 2004, Doutor em Administração na UDE –Montevideo em 2017, realizou curso de Política e Estratégia na Associação de Diplomados na Escola Superior de Guerra em 2005, São Paulo Brasil, realizou MBA –FGV -Administração de Empresas de Transporte Aéreo em 2010, curso de especialização em Finanças Internacionais, Macroeconomia e Competências gerenciais pela FGV em 2008, MBA pelo Instituto Tecnológico da Aeronáutica ITA, na área de engenharia em aeronáutica e Técnico em aviões pela Escola de Especialistas de Aeronáutica - 1970, Piloto Internacional de Linha Aérea da LATAM. Piloto militar da Força Aérea Brasileira entre 1971 e 1977. E-mail: [francisco.c.perez@live.com](mailto:francisco.c.perez@live.com)

Revista Brasileira de Aviação Civil  
**FEASIBILITY OF ELETRIC MOTORS IN REGIONAL AVIATION**  
& Ciências Aeronáuticas

ISSN 2703-7697  
**ABSTRACT**

*The technological advancements in aviation have driven the feasibility of electric propulsion, as evidenced by projects like the Caravan and AMP-H70. The increasing applicability of electric motors, despite their environmental benefits, faces challenges such as battery energy density and regulations. However, industry efforts, such as those by NASA, aim to promote the adoption of these technologies to achieve zero carbon emissions by 2050. In recent years, advancements in batteries and electric motors have made electric propulsion viable in aviation. Projects like Magnix and AeroTEC's eCaravan and Ampaire's hybrid-electric demonstrate this viability. Electric motors are being implemented in aircraft, primarily for regional and short-distance flights, such as eVTOLs and training aircraft, due to their energy efficiency and low pollutant emissions. Programs like NASA's Electrified Powertrain Flight Demonstration (EPFD) encourage this technology. The adoption of electric motors brings environmental and operational*

*benefits but faces challenges such as battery energy density and support infrastructure, and the safety of lithium-ion batteries is also a concern. Hydrogen hybrid engine technology also faces challenges in production and storage, with companies like Universal Hydrogen developing conversion kits for regional aircraft. The approach used consists of a comprehensive review of current literature on electric motors in aviation, utilizing scientific articles, company reports, government publications, and specialized news. These studies indicate that electric motors can significantly reduce aviation's environmental impacts. With the continuous development of more efficient batteries and motors, electric aviation will become viable in the long term.*

**Keywords:** *Electric propulsion; aviation; challenges; environmental impacts.*

## **1 INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos, os avanços tecnológicos de baterias e motores elétricos têm experimentado uma revolução impulsionada por empresas, tecnologias e a necessidade de soluções mais sustentáveis e eficientes, aliada a regulamentações de baixa emissões, tem motivado a busca por alternativas aos motores a combustão tradicional. Atualmente esses avanços tecnológicos têm sido demonstrados em carros híbridos elétricos e 100% elétricos; nesse contexto, a propulsão elétrica surge como uma tecnologia promissora, capaz de transformar a aviação, especialmente no segmento regional. Empresas como Magnix e Ampaire têm demonstrado sucesso nessa transição, com projetos utilizando o Cessna 208B Grand Caravan. Essa mudança não apenas reduz a dependência de combustíveis fósseis, mas também diminui as emissões de gases poluentes, alinhando-se com metas de sustentabilidade da indústria.

Os motores elétricos estão sendo cada vez mais demonstrados em aeronaves para voos regionais e de curta distância, incluindo modelos como eVTOL e o Velis Electro. Eles oferecem eficiência energética e baixa emissão de poluentes, atraindo operadores preocupados com o meio ambiente e redução de custo operacional.

A viabilidade dos motores elétricos na aviação é impulsionada por avanços tecnológicos e incentivos de organizações como a NASA. Motores como o Magni650 da Magnix demonstram capacidades comparáveis ou superiores aos tradicionais, como o PT6A-114A da Pratt & Whitney, abrindo caminho para sua adoção em larga escala.

Os motores elétricos oferecem benefícios ambientais e operacionais, como redução do consumo de combustível e custos de manutenção. No entanto, enfrentam desafios técnicos e econômicos, como a densidade inferior das baterias em comparação com combustíveis tradicionais, limitando a autonomia das aeronaves.

Apesar dos benefícios, a implementação de motores elétricos enfrenta desafios, como a limitação de autonomia devido à densidade das baterias. Isso é evidenciado no caso do Caravan, que ultrapassou o peso certificado da aeronave devido às baterias adicionais.

A partir de uma revisão abrangente da literatura atual, serão abordados os principais desafios e benefícios dessa tecnologia, bem como suas limitações e as diferentes propostas para sua implementação. A análise visa contribuir para uma melhor compreensão das possibilidades e perspectivas da propulsão elétrica na aviação regional.

ISSN 2763-7697

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o desempenho e a viabilidade na utilização de motores elétricos em aeronaves utilizadas em voos regionais.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar os principais desafios relacionados a adoção de motores elétricos em aeronaves.
- Analisar os benefícios econômicos e ambientais da propulsão elétrica;

- Avaliar as limitações das aeronaves equipadas com motores elétricos;
- Identificar as diferentes propostas para utilização de motores elétricos.

## 1.2 METODOLOGIA

A metodologia deste artigo consistiu em uma revisão abrangente da literatura atual sobre a utilização de motores elétricos na aviação, com foco nas tendências recentes, avanços tecnológicos e desafios enfrentados. A pesquisa foi realizada em diversas fontes, incluindo artigos científicos, relatórios de empresas, publicações governamentais e notícias especializadas na área da aviação e tecnologia de motores.

Inicialmente, foi realizada uma revisão da literatura para compreender o contexto histórico e os avanços recentes na tecnologia de baterias e motores elétricos, bem como os desafios enfrentados pela aviação em relação à emissão de gases poluentes e a busca por soluções mais sustentáveis. Essa revisão serviu de base para a identificação das lacunas de conhecimento e das áreas de interesse para este estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nos últimos anos, os avanços tecnológicos relacionados a baterias e eficiência de motores elétricos tornou a propulsão elétrica uma alternativa promissora aos motores a combustão tradicionais na aviação. Antigamente a relação massa-potência (Homa, 2023. p. 28) inviabilizava a utilização de motores elétricos em aeronaves de pequeno porte por serem mais pesados em comparação a motores de combustão, no entanto novos projetos têm demonstrado a viabilidade desta tecnologia.

Em maio de 2020, a Magnix em parceria com AeroTEC, realizou com sucesso o primeiro voo do Cessna 208B Caravan totalmente elétrico, conhecido como eCaravan. O projeto, iniciado em 2019, teve como objetivo demonstrar essa possibilidade a partir da substituição do motor PT6 pelo magni500 desenvolvido pela empresa (Loxton; Uchida; Crane, 2022).

Já em 2022, a Ampaire realizou o primeiro voo com um Cessna 208B Grand Caravan utilizando propulsão híbrida-elétrica *plug-in* AMP-H70 (Deener, 2024). O sistema de propulsão é alimentado por um motor de combustão anexado a um sistema elétrico de propulsão, com energia fornecida por um conjunto de baterias localizado no compartimento de carga. Além disso, quando abastecido com SAF (*Sustainable Aviation Fuel*, Combustível Sustentável de Aviação), pode reduzir ainda mais as emissões de poluentes (Ampaire, s.d).

Esses avanços tecnológicos evidenciou a possibilidade de utilizar motores elétricos em aeronaves de pequeno porte. Empresas como Embraer, Eviation, Rolls-Royce, também tem demonstrado a utilização de motores elétricos em aeronaves, a transição para a propulsão elétrica na aviação representa um marco significativo na busca por soluções mais sustentáveis e eficientes energeticamente. A redução da dependência de combustíveis fósseis e a diminuição da emissão de gases poluentes são apenas alguns dos benefícios que acompanham essa mudança, não somente motores elétricos, mas também o desenvolvimento de outras tecnologias e fontes de combustíveis alternativos contribui com esta possibilidade.

No relatório publicado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2021) em relação ao ano de 2019, 40,9% relacionado a custos e despesas de serviços aéreos foi com combustíveis e lubrificantes. A Embraer (2023) afirma que “Novas tecnologias e energias renováveis levarão a indústria da aviação a zero emissões de carbono até 2050”.

## 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA AVIAÇÃO REGIONAL

A aviação regional refere-se ao segmento de transporte aéreo que cobre rotas curtas, conectando cidades menores a grandes centros urbanos ou entre si. Esse tipo de aviação é caracterizado por aeronaves de pequeno a médio porte. No RBAC (Regulamento Brasileiro de Aviação Civil) Nº 01 EMENDA Nº 16, em suas definições estabelece que “Avião categoria transporte regional significa um avião

de tipo certificado na categoria transporte regional (“*commuter category*”) estabelecida no parágrafo 23.3(d) do RBAC nº 23” (ANAC, 2024).

No Brasil empresas como Abaeté Linhas Aéreas, Asta Linhas Aérea, Azul e Azul Conecta e VOEPASS Linhas Aéreas, operam neste segmento com aeronaves como Cessna Caravan e ATR. A aviação regional é essencial para a conectividade de regiões afastadas dos grandes centros urbanos, proporcionando acesso a serviços essenciais, comércio e turismo. Essencial na economia local, enfrenta desafios únicos como a falta de infraestrutura e a necessidade de operar com custos reduzidos, e dificuldade no abastecimento.

## 2.2 UTILIZAÇÃO E APLICABILIDADE DE MOTORES ELÉTRICOS NA AVIAÇÃO

Os motores elétricos têm demonstrado aplicabilidade crescente na aviação, especialmente em aeronaves destinada a voos regionais e de curta distância. Aeronaves como eVTOL (*electric, vertical, take-off and landing*) e outros protótipos, impulsionados não somente por baterias, mas também de forma híbrida, como o ATR72, em desenvolvimento pela Universal Hydrogen.

A utilização de aeronaves movidas por propulsão elétrica não se limita apenas a voos regionais, mas também se estende à instrução de pilotos, como exemplo o Velis Electro, desenvolvido pela Pipstrel, uma das primeiras aeronaves elétricas a receber certificação da EASA (*European Union Aviation Safety Agency*, Agência de Segurança da Aviação da União Europeia) (Page, 2022)

Além disso, motores elétricos são conhecidos por sua eficiência energética e baixa emissão de poluentes, tornando uma escolha atrativa para operadores que buscam reduzir seus impactos ambientais, e a redução no consumo de combustíveis.

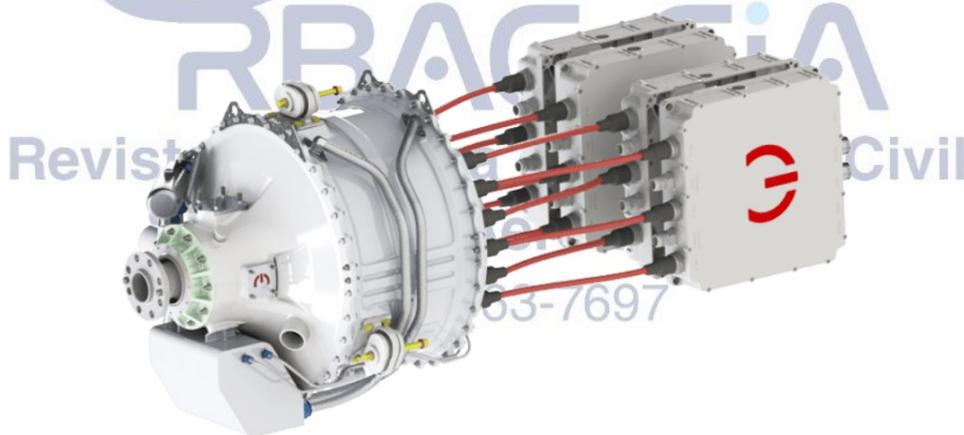
## 2.3 VIABILIDADE DOS MOTORES ELÉTRICOS

A viabilidade dos motores elétricos na aviação é um tema de grande relevância atualmente, impulsionado pelos incentivos de instituições como a NASA

(2021) que selecionou duas empresas para aprimorar de forma rápida tecnologias de propulsão elétrica, por meio do programa *Electric Powertrain Flight Demonstration* (EPFD), que busca introduzir aeronaves com propulsão elétrica até o ano de 2035. Também os avanços tecnológicos e pela necessidade crescente de reduzir custos e impactos ambientais tem contribuído para o desenvolvimento de novos motores.

Por exemplo, o motor Magni550, desenvolvido pela X, utilizado na conversão do e-Caravan, tem a capacidade de fornecer até 500 kW, o que equivale a 750 HP (Loxton; Uchida; Crane, 2022). Em comparação, o motor PT6A-114A da Pratt & Whitney, utilizado no Caravan, oferece 503 kW, o que equivale a 675 HP (Textron, 2023). Entretanto, o novo motor Magix650 eleva ainda mais o padrão (Figura 1), fornecendo continuamente até 650 kW, equivalente a 900 HP (Roggia *et al*, 2023).

Figura 1 – Motor magni650



Fonte: Roggia *et. al.*, 2023.

Neste contexto, é fundamental analisar cuidadosamente os benefícios potenciais, bem como os desafios enfrentados na implementação desses sistemas de propulsão elétrica em aeronaves utilizadas em voos regionais.

## 2.4 BENEFÍCIOS E DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS

A implementação de motores elétricos surge como uma solução promissora, oferecendo uma série de benefícios ambientais e operacionais. No entanto, essa transição também apresenta obstáculos técnicos e econômicos que precisam ser superados. Por serem mais eficientes do que os motores a combustão interna, os motores elétricos podem resultar em redução significativa do consumo de combustível e dos custos operacionais, especialmente relacionados à manutenção. Além disso, embora o custo inicial seja mais elevado na implementação dos motores elétricos, é importante desenvolver regulamentações específicas para garantir a segurança e a operacionalidade dessas aeronaves.

### 2.4.1 Aeronaves com propulsão 100% elétrica

As aeronaves com propulsão 100% elétricas consistem em motores elétricos sendo alimentados por um sistema de baterias, gerenciados por um sistema de controladores. Aeronave como Alice desenvolvida pela Eviation (s.d.), traz como vantagens emissões zero, redução significativa de manutenção, redução de ruído, entre outros.

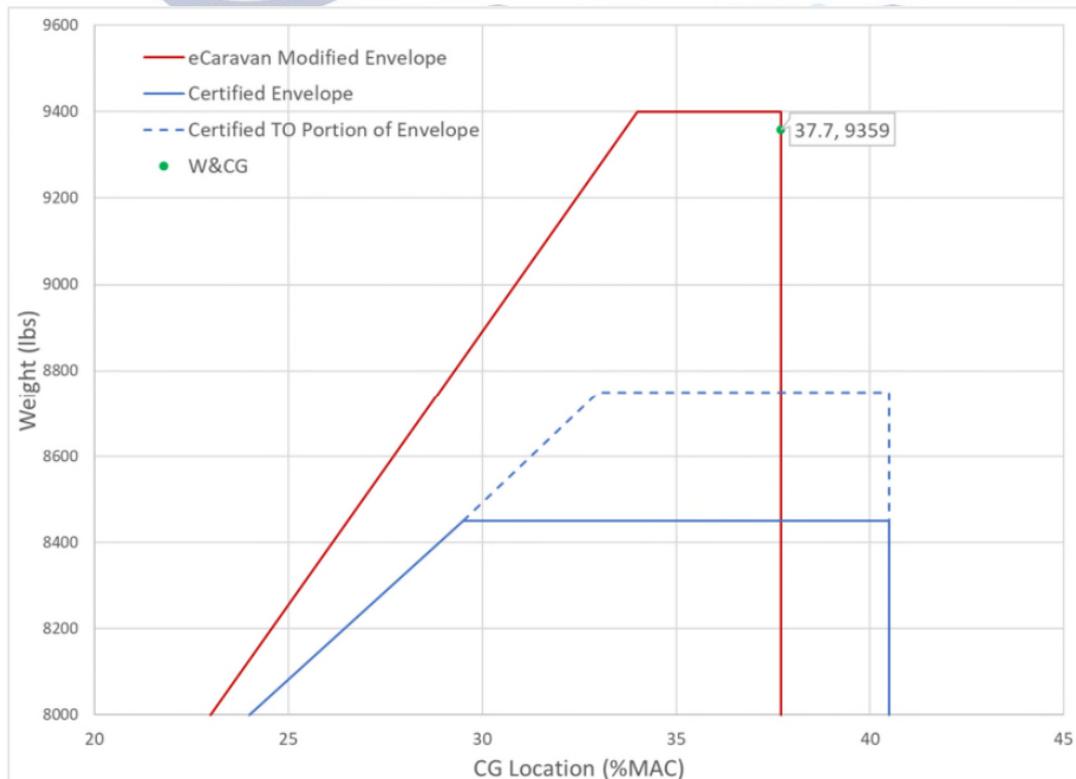
Apesar dos benefícios, a implementação de motores elétricos na aviação enfrenta diversos desafios. Um dos principais está na alimentação do motor, seja ele a bateria ou Híbrido. Nos motores alimentados a bateria é a densidade energética, que ainda é inferior à dos combustíveis tradicionais, limitando a autonomia e seu peso, como o eCaravan que teve seu peso total em 9.360 libras, ficando totalmente fora do certificado da aeronave, de 8.750 libras (Figura 2) (Loxton; Uchida; Crane, 2022).

Figura 2 - eCaravan modificado



Fonte: Loxton, Uchida e Crane, 2022

Gráfico 1 - Envelope W&B/CG modificado para eCaravan em comparação com a Caravan não modificada



Fonte: Loxton, Uchida e Crane, 2022.

Além disso, o tempo de recarga das baterias e a infraestrutura de suporte também representam obstáculos significativos, demonstrados também na utilização de carros elétricos. A segurança das baterias de íons de lítio é uma preocupação, pois elas podem pegar fogo se danificadas ou mal manuseadas, como o protótipo Alice fabricada pela Eviation que em janeiro de 2020, pegou fogo devido as baterias; a Federal Aviation Administration (FAA, 2021) mencionou em seu relatório de incidentes com baterias de lítio apenas que uma bateria de lítio usada para alimentar uma aeronave experimental explodiu em Prescott.

De acordo com Loxton, Uchida e Crane (2022), aviões elétricos têm perfis de risco únicos, pois um incêndio na bateria continua sendo um perigo significativo com potencial para se desenvolver muito rapidamente. Em um artigo publicado por Harris e Hohlweck (2022), as baterias de íon de lítio podem pegar fogo e explodir devido à presença de um eletrólito inflamável. Esse risco aumenta se as baterias forem danificadas ou armazenadas inadequadamente, o que pode representar um perigo significativo em caso de acidentes ou incidentes aéreos.

Eles também afirmam que os incêndios causados por essas baterias são extremamente difíceis de extinguir, pois são autossustentáveis e continuam a queimar mesmo na ausência de uma fonte externa de oxigênio. Outras questões incluem o gerenciamento térmico, interferência eletromagnética, riscos elétricos e infraestrutura que devem ser equacionadas para não colocar em risco a operação.

#### **2.4.2 Motores híbridos-elétricos**

A tecnologia de motores híbridos envolve a utilização de uma fonte geradora de energia para alimentar os motores elétricos, podendo ser um motor de combustão interna. Um avanço significativo nessa área é a adoção do hidrogênio como substituto dos motores a combustão que utilizam combustível fóssil. Uma das vantagens da utilização do hidrogênio está no resíduo deixado após sua queima que é água.

A Universal Hydrogen (2024), tem desenvolvido *kits* para conversão de aeronaves regionais existentes como ATR72, e o Dash-8, o projeto consiste em

um sistema de propulsão elétrica como célula de combustível, que substituirá os motores turboélice existente. Esta tecnologia consiste em um sistema que utiliza hidrogênio como fonte primária de combustível para gerar energia para a propulsão de aeronave, convertendo a energia química armazenada no gás hidrogênio em eletricidade por meio de uma reação eletroquímica. (Artemidze; Vildibill; Leighton, 2023)

Em 2023 o ATR72, batizado de Lightning McClean, realizou seu primeiro voo substituindo um de seus motores por um motor magnix650, onde apresentou uma significativa redução de vibração e ruído (Figura 3) (Gundry, 2023). Um dos desafios na implementação desta tecnologia está na produção de hidrogênio sem utilização de combustível fóssil, podendo ser produzido também do petróleo e gás natural e no armazenamento devido à necessidade de um grande volume para armazenar e a tecnologia necessária para mantê-lo no estado líquido, prejudicando o peso e balanceamento da aeronave, comprometendo também sua capacidade de carga. Outro desafio está na asfixia devido ao hidrogênio ser um gás incolor, inodoro e insípido, o que dificulta a identificação de vazamentos (Linde, s.d).

## Revista Brasileira de Aviação Civil

Figura 3 – Tanques de Hidrogênio produzidos pela Universal Hydrogen



Fonte: Morris, 2023.

Com relação a motores híbridos utilizando motores a combustão a Ampaire tem demonstrado esta tecnologia utilizando seu motor *plug-in* AMP-H70, em um

Cessna Grand Caravan, apelidado de Eco Caravan, (Ampaire s.d). Em 2023 a Azul Conecta durante a Feira Internacional de Manutenção Aeronáutica MRO Brasil, em parceria com a Ampaire, apresentou o motor híbrido-elétrico, demonstrando seu compromisso com a redução de emissão de carbono, anunciando a intenção de modificar seis Cessna Grand Caravan para híbridos-elétricos (Figura 4).

Figura 4 – Motor híbrido-elétrico da Azul em parceria com a Ampaire



Fonte: Ramos, 2023.

Um dos benefícios mencionados na utilização do Eco Caravan está na redução de combustível ficando entre 50% e 70%, podendo chegar próximo de zero caso utilize o combustível SAF, e no custo de assento por km de operação reduzindo em 25%.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de motores elétricos em voos regionais é uma oportunidade considerável, não só reduzindo os efeitos ambientais da aviação, mas também garantindo que a indústria seja mais sustentável. Apesar dos desafios técnicos e económicos, as recentes melhorias nas tecnologias de baterias e motores eléctricos apontam para que esta transição seja viável ao longo do tempo.

No entanto, é necessário um esforço conjunto dos fabricantes, operadores, reguladores e todas as partes interessadas para superar os obstáculos tornando isto uma realidade, isso é evidenciado pelas empresas que estão se comprometendo a serem mais sustentáveis. Além disso, a manutenção simplificada representa vantagens para a redução dos custos operacionais das aeronaves, o que favorece a adoção de motores elétricos nas aeronaves.

À medida que as baterias de alta densidade energética continuam a evoluir, juntamente com o aumento da eficiência dos motores elétricos, podemos prever que a aviação elétrica será mais viável para distâncias mais longas e aviões maiores. Isto abre caminho para mais pesquisas como a regulamentação e a segurança e o desenvolvimento de padrões para certificação de motores elétricos.

## REFERÊNCIAS

AMPAIRE INC. **Meet the Eco Caravan.** [S.l.], S.d. Disponível em: [www.ampaire.com/vehicles/eco-caravan](http://www.ampaire.com/vehicles/eco-caravan). Acesso em: 22 de abr. de 2024.

ARTEMIDZE, I. VILDBILL, N. LEIGHTON, T. **THE SOCIETY OF FLIGHT TEST ENGINEERS:** Things Flight Testers Should Know About Hydrogen. Washington State: Seattle, 2023. Disponível em: [aerotec.com/wp-content/uploads/2023/10/sfte-2023-things-flight-testers-should-know-about-hydrogen.pdf](http://aerotec.com/wp-content/uploads/2023/10/sfte-2023-things-flight-testers-should-know-about-hydrogen.pdf). Acesso em: 19 de jun. de 2024.

AZUL CONECTA. **Azul Conecta participa da MRO Brasil 2023**, com inovações em serviços e apresentação de novo motor híbrido-elétrico. Brasil: São Paulo, 2023. Disponível em: [www.voeazul.com.br/content/dam/azul/voe-azul/imprensa/Azul-Conecta-participa-da-MRO-Brasil-2023-com-inova%C3%A7%C3%B5es-em-servi%C3%A7os-e-apresenta%C3%A7%C3%A3o-de-novo-motor-h%C3%ADbrido-el%C3%A9trico%20.pdf](http://www.voeazul.com.br/content/dam/azul/voe-azul/imprensa/Azul-Conecta-participa-da-MRO-Brasil-2023-com-inova%C3%A7%C3%B5es-em-servi%C3%A7os-e-apresenta%C3%A7%C3%A3o-de-novo-motor-h%C3%ADbrido-el%C3%A9trico%20.pdf). Acesso em: 19 de jun. de 2024

BRASIL. Ministério de Portos e Aeroportos. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil:** RBAC n. 01: DEFINIÇÕES, REGRAS DE REDAÇÃO E UNIDADES DE MEDIDA PARA USO NOS NORMATIVOS DA ANAC (TÍTULO COM REDAÇÃO DADA PELA RESOLUÇÃO Nº 526, DE 06.08.2019). Emenda Nº 16. Brasília: ANAC, 2024. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-01>. Acesso em: 18 de jun. de 2024.

BRASIL. Ministério de Portos e Aeroportos. Agência Nacional de Aviação Civil. **Painel de Indicadores do Transporte Aéreo 2022**. Brasília: ANAC, 2023.

Disponível em: [www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-do-transporte-aereo/painel-de-indicadores-do-transporte-aereo/painel-de-indicadores-do-transporte-aereo-2022](http://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-do-transporte-aereo/painel-de-indicadores-do-transporte-aereo/painel-de-indicadores-do-transporte-aereo-2022). Acesso em: 18 de jun. de 2024

DEENER, Sarah. **Ampaire's Hybrid-electric Caravan Runs On SAF**. [S.l.], 2024.

Disponível em: <https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2024/february/28/the-ampaire-hybrid-electric-caravan-runs-on-saf>. Acesso em: 21 de mai. de 2024.

EMBRAER. **Energia: prontos para o futuro, agora**. [S.l.], 2023. Disponível em: [www.embraer.com/br/pt/9296-energia-prontos-para-o-futuro-agora](http://www.embraer.com/br/pt/9296-energia-prontos-para-o-futuro-agora). Acesso em: 02 mai. 2024.

EVIATION. **ALICE THE ALL-ELECTRIC GAME CHANGER**. [S.l.], s.d. Disponível em: [www.eviation.com/aircraft/](http://www.eviation.com/aircraft/). Acesso em: 19 de jun. de 2024.

FAA – Federal Aviation Administration. **Lithium Battery Air Incidents: involving smoke, fire, or extreme heat**. [S.l.], 2021. Disponível em: [www.explore.dot.gov/t/FAA/views/LithiumBatteries/IncidentDetails?%3Aembed=y&%3AisGuestRedirectFromVizportal=y](http://www.explore.dot.gov/t/FAA/views/LithiumBatteries/IncidentDetails?%3Aembed=y&%3AisGuestRedirectFromVizportal=y). Acesso em: 02 mai. 2024.

GUNDRY, Kate. **Universal Hydrogen Successfully Completes First Flight of Hydrogen Regional Airliner**. [S.l.], 2023. Disponível em: [www.hydrogen.aero/press-releases/universal-hydrogen-successfully-completes-first-flight-of-hydrogen-regional-airliner](http://www.hydrogen.aero/press-releases/universal-hydrogen-successfully-completes-first-flight-of-hydrogen-regional-airliner). Acesso em: 4 de jun. de 2024.

HOHLWECK, T. HARRIS, S. **Transporting lithium-ion batteries: Know your risk**. [S.l.], 2022. Disponível em: <https://www.marsh.com/uk/industries/cargo/insights/transporting-lithium-ion-batteries-know-your-risk.html>. Acesso em: 22 mai. 2024.

HOMA, Jorge M. **Aeronaves e Motores: conhecimentos técnicos**. 40. ed. São Paulo: Asa Edições Graficas Ltda, 2023. 190 p.

LINDE PORTUGAL, Lda. **Conselhos de Segurança: 13 – Manuseamento de Hidrogénio**. Portugal: Lisboa, S.d. Disponível em: [static.prd.echannel.linde.com/wcsstore/PT\\_RES\\_Industrial\\_Gas\\_Store/Attachment/Conselho-Seguranca13-tcm310-25939.pdf](http://static.prd.echannel.linde.com/wcsstore/PT_RES_Industrial_Gas_Store/Attachment/Conselho-Seguranca13-tcm310-25939.pdf). Acesso em: 4 de jun. de 2024.

LOXTON, B.; UCHIDA, J.; CRANE, S. **First flight of the ecaravan: magnix and aerotec's all- electric cessna 208b technology demonstrator**. Londres: Canada, 2022. Disponível em: [www.aerotec.com/wp-content/uploads/2022/12/first-flight-of-the-ecaravan-magnixs-all-electric-c208-technology-demonstrator.pdf](http://www.aerotec.com/wp-content/uploads/2022/12/first-flight-of-the-ecaravan-magnixs-all-electric-c208-technology-demonstrator.pdf). Acesso em: 02 mai. 2024.

MORRIS, Bem. **Could airports make hydrogen work as a fuel.** [S.l.], 2023. Disponível em: [www.bbc.co.uk/news/business-67371275.amp](http://www.bbc.co.uk/news/business-67371275.amp). Acesso em: 4 de jun. de 2024.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. **NASA Issues Contracts to Mature Electrified Aircraft Propulsion Technologies.** [S.l.], 2021. Disponível em: [www.nasa.gov/news-release/nasa-issues-contracts-to-mature-electrified-aircraft-propulsion-technologies](http://www.nasa.gov/news-release/nasa-issues-contracts-to-mature-electrified-aircraft-propulsion-technologies). Acesso em: 02 mai. 2024.

PAGE, Tom. **Escolas de voo usam aviões elétricos para treinar pilotos:** entenda. Reino Unido: Londres, 2022. Disponível em: [www.cnnbrasil.com.br/economia/escolas-de-voo-usam-avioes-eletricos-para-treinar-pilotos-entenda](http://www.cnnbrasil.com.br/economia/escolas-de-voo-usam-avioes-eletricos-para-treinar-pilotos-entenda) Acesso em: 22 de mai. de 2024.

RAMOS, Guilherme. **Motor híbrido-elétrico da Azul em parceria com a Ampaire.** Brasil: São Paulo, 2023 Disponível em: [drive.google.com/drive/folders/13nh4GjmgfO6YV4450sCYIhoeiGnhOtk6](https://drive.google.com/drive/folders/13nh4GjmgfO6YV4450sCYIhoeiGnhOtk6). Acesso em: 19 de jun. de 2024.

ROGGIA, S. *Et al.* **The society of flight test engineers:** things flight testers should know about electric engines. Annapolis: Estados Unidos, 2023. Disponível em: [www.aerotec.com/wp-content/uploads/2023/10/things-flight-testers-should-know-about-electric-engines.pdf](http://www.aerotec.com/wp-content/uploads/2023/10/things-flight-testers-should-know-about-electric-engines.pdf). Acesso em: 02 mai. 2024.

TEXTRON AVIATION IN. **Caravan:** a mission in utility and capability. [S.l.], 2023. Disponível em: [www.cessna.txtav.com/-/media/cessna/files/product-cards/turboprop/caravan\\_product\\_card.ashx](http://www.cessna.txtav.com/-/media/cessna/files/product-cards/turboprop/caravan_product_card.ashx). Acesso em: 02 mai. 2024.

ISSN 2763-7697