

**ESTUDO DE VIABILIDADE DO USO DE AVIÕES A PROPULSÃO ELÉTRICA NA  
FORMAÇÃO DE PILOTOS, E SEUS POSSÍVEIS IMPACTOS**Juan Moreira Lima<sup>1</sup>Jairo Afonso Henkes<sup>2</sup>Lucas Elya Piana Giordani<sup>3</sup>**RESUMO**

Este estudo objetiva descrever e analisar a viabilidade do uso de aviões elétricos na instrução de voo. Isso foram exploradas questões financeiras, tecnológicas e ecológicas das aeronaves utilizadas no setor da aviação. Foram realizadas pesquisas em revistas especializadas, livros, sites e periódicos técnico-científicos para esclarecer esses pontos. Além disso foram aplicados questionários aos centros de instrução de aviação civil (CIACs) de Santa Catarina para compreender o atual cenário da instrução de voo no estado. Os dados obtidos foram analisados e apresentados através de gráficos e tabelas. Foi possível verificar que o avião elétrico é uma tecnologia viável que poderá reduzir custos na formação de pilotos e impactos dessa operação ao meio ambiente.

**Palavras-chave:** Instrução de voo. Avião elétrico. Impactos econômicos e ambientais.

---

<sup>1</sup>Acadêmico em Ciências Aeronáuticas (AeroTD, 2021). AeroTD. E-mail: [juanmlima22@gmail.com](mailto:juanmlima22@gmail.com)

<sup>2</sup>Doutorando em Geografia (UMinho, 2019). Mestre em Agroecossistemas (UFSC, 2006). Especialista em Administração Rural (UNOESC, 1997). Engenheiro Agrônomo (UDESC, 1986). Professor e Pesquisador nas Áreas de Gestão Ambiental, Ciências Aeronáuticas, Agronomia, Administração e Engenharia Ambiental. <https://orcid.org/0000-0002-3762-471X> E-mail: [jairohenkes333@gmail.com](mailto:jairohenkes333@gmail.com)

<sup>3</sup>Mestre em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada (ITA, 2019). Bacharel em Ciências Aeronáuticas (PUCRS, 2015), Piloto comercial de aeronaves com habilitações de Multi-motor e IFR. Professor da AeroTD. E-mail: [lucase.giordani@gmail.com](mailto:lucase.giordani@gmail.com)

# **FEASIBILITY STUDY OF THE USE OF ELECTRIC PROPULSION AIRPLANES IN PILOT TRAINING, AND ITS POSSIBLE IMPACTS**

## **ABSTRACT**

*This paper aims to describe and analyze the feasibility of using the electric plane in flight instruction, Therefore it was explored, financial, technological, and ecological issues of the airplanes used in the aviation sector. They was researched in specialized magazines, books, websites, and technical-scientific periodicals to answer these questions. Also it questionnaires was sent to civil aviation instruction centres (CIACs) in Santa Catarina to understand the current scenario of flight training in the state. The obtained data were analyzed through graphs and tableaux. It made it possible to verify that an electric aircraft is a viable technology that can reduce the costs of training pilots and the impact of that operation on the environment.*

**Keywords:** *Flight instruction. Eletric planes. Economical and enviromental impacts.*

## **1 INTRODUÇÃO**

O *Aero Club* Brasileiro, primeira escola de aviação do Brasil e sétima no mundo, data de outubro de 1911 sendo considerada o berço da aviação brasileira. Sua criação ocorreu com influência da incipiente aviação francesa, inspirada também pelas notícias vindas da Europa, de um pioneiro brasileiro, Santos Dumont, e seus feitos com o avião 14-bis (FAY; FONTES, 2017).

Segundo Fay e Fontes (2017), em 1918 foi efetivada a filiação do *Aero Club* junto a *Fédération Aéronautique Internationale* (FAI), organização criada em 1905 visando reunir e organizar os aeronautas. Tal ato permitiu ao *Aero Club* emitir licenças de piloto em nome da FAI. O primeiro brevê (maneira pela qual eram chamadas as licenças de piloto à época) emitido foi concedido para o Primeiro Tenente do Exército Raul Viera de Mello em 21 de agosto de 1919.

Em 1931 quando a aviação comercial já era uma realidade, é criado através do decreto nº 19.902, assinado pelo então Presidente da República

Getúlio Vargas, o Departamento de Aeronáutica Civil, subordinado ao Ministério da Viação e Obras Públicas (BRASIL, 1931). Em 1941 o então Departamento de Aeronáutica Civil passou para o controle do Ministério da Aeronáutica, mudando seu nome para Departamento de Aviação Civil (DAC) (SILVA; SANTOS, 2009). Com a criação do DAC, diminui a função normativa do Aero Club, na emissão de licenças, assim como a importância de representação da FAI, já que, os brevês emitidos pelo DAC tornaram desnecessários os emitidos pela FAI, ao menos para voo em território brasileiro (FAY; FONTES, 2017).

Nos anos 1940 o número de escolas de aviação e pilotos com licença era ínfimo, cenário que trazia preocupação, já que, em um contexto de tensão mundial, proveniente do expansionismo da Alemanha nazista na Europa, o qual eclodiria em 1939, com a invasão da Polônia, na Segunda Guerra Mundial. A formação de pilotos se fazia necessária, já que o uso de aviões para guerra crescia exponencialmente. Com essa demanda, nasce de uma conversa entre Assis Chateaubriand (proprietário do conglomerado de mídia Diário Associados) e Salgado Filho (ministro da Aeronáutica), a ideia de um programa de incentivo a aviação de instrução no Brasil (FERREIRA, 2019).

Esse programa, chamado Campanha Nacional da Aviação (CNA), tinha por objetivo arrecadar fundos para doação de aeronaves, construção de pistas e criação de aeroclubes. Seu auge em meados da década de 1940, e seu declínio por volta do começo dos anos 1950, devido à diminuição das doações. O número de aeronaves entregues é discutível. Fernando Moraes, biógrafo de Assis Chateaubriand, fala em 800 aeronaves doadas até 1946, outros autores discordam já que o rigor dos registros de matrículas à época, não era tão grande quanto atualmente (ARAÚJO, 2015).

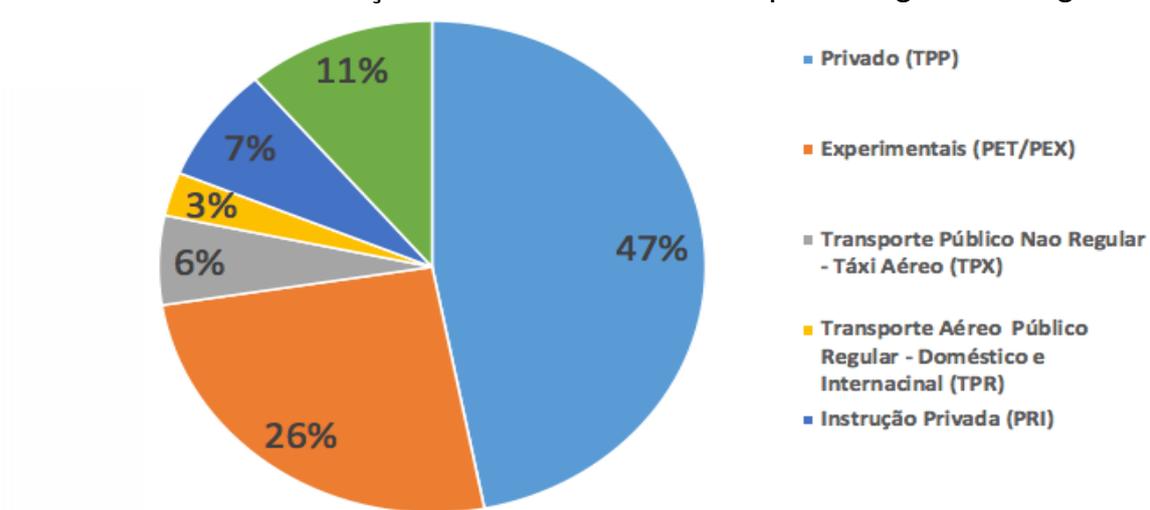
A CNA ajudou a aumentar o número de aeroclubes pelo território brasileiro. Segundo Ferreira (2019), estima-se que até 1949 existiam no Brasil por volta de 330 aeroclubes, sendo 107 em São Paulo, 67 em Minas Gerais e 45 no Rio Grande do Sul, estando à época os 111 restantes espalhados no território brasileiro. Embora tenha sido de extrema importância para a aviação brasileira, o fim do CNA, o qual se deve a diminuição das doações, trouxe grandes desafios para os aeroclubes:

Após o fim da CNA, os aeroclubes entraram em decadência. Em pouco tempo muitas instituições fecharam suas portas e não mais conseguiram se restabelecer. O Aeroclube do Brasil foi obrigado a mudar de endereço por três vezes passando pelo Campos dos Afonsos, pela Ponta do Galeão, pelo Aeroporto de Manguinhos até chegar ao Aeroporto de Jacarepaguá, onde funciona atualmente. Sofreu duas intervenções em sua história e hoje sobrevive em situação incerta aguardando o desfecho de uma ação judicial movida pela INFRAERO, em 2008, que reivindica o terreno onde se encontra localizado em Jacarepaguá (FAY; FONTES, 2017, p. 29).

Após o fim da campanha e de seus incentivos, os aeroclubes que restaram foram os que tinham mais demanda e melhor administração. Somadas as dificuldades financeiras, a regulamentação e controle do setor, que se fez presente durante o período da ditadura militar (1964 – 1985). Regime que por afinidades políticas, até mesmo obrigou alguns dos aeroclubes que existiam à época a encerrar as atividades, situação com fim com a desregulamentação do setor aéreo já no período republicano (1985 – presente) (FAY; FONTES, 2017).

Em 27 de setembro de 2005, foi promulgada, a Lei n.º 11.182, criando a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Com sua instalação as atribuições anteriormente delegadas ao DAC, passaram a ser exercidas pela nova agência que regula toda a aviação civil no território nacional, incluindo também as escolas de instrução de voo. (FAY; FONTES, 2017). Atualmente conforme demonstra o Gráfico 1, os CIACs têm em sua estrutura 7% do total de 22.409 aeronaves registrados no Brasil, contando com uma frota de 1.568 aeronaves para a instrução privada de voo (ANAC, 2020).

Gráfico 1 – Distribuição da frota de aeronaves por categoria de registro



Fonte: ANAC, 2020.

Dentre os vários desafios enfrentados por esse setor, alguns vem de longa data como o alto custo da operação de uma aeronave, bom exemplo é o combustível que tem seu custo crescendo ao decorrer dos anos, devido ao aumento dos preços dos combustíveis, custava em agosto de 2019 R\$ 3,78 subindo para R\$ 5,71 em novembro de 2021, aumento de cerca de 51% no valor pelo qual o m<sup>3</sup> é vendido sem imposto, na refinaria de Cubatão (SP) (PETROBRAS, 2021).

Já outras questões são novas, como a crescente demanda ambiental, a qual atinge tanto a aviação de instrução, que em ampla maioria é de pequeno porte com aeronaves leves, quanto a aviação de grande porte. Como demonstração da crescente preocupação como impacto gerado no meio ambiental ANAC exterioriza:

A mudança climática é a grande questão ambiental do século XXI de acordo com a Organização das Nações Unidas. O impacto exato da aviação na mudança do clima é difícil de mensurar. Contudo, no que compete ao volume de emissões de CO<sub>2</sub> - o principal gás de efeito estufa - a aviação responde por cerca de 2% do total mundial. Embora a participação atual não seja elevada, o setor busca reduzir sua contribuição devido ao crescimento acelerado esperado para o futuro: em 2016 o relatório ambiental da OACI projetou um crescimento da aviação internacional em 5,3% ao ano até 2030 (ANAC, 2021, site).

Segundo Figueiredo (2013), tal demanda faz com que as companhias aéreas coloquem a preservação ambiental como algo essencial em seu planejamento estratégico. Para as grandes empresas aéreas, é um desafio a adaptação as exigências de um mercado e legislações que cada vez mais demandam responsabilidade ecológica, devido à complexidade de suas operações e das aeronaves utilizadas.

Já no caso da aviação de instrução, por ter uma operação relativamente mais simples, e por usar aviões de pequeno porte, já existem opções de aeronaves com propulsão elétrica, como o Velis Electro, Aeronave produzida pela Pipistrel, fabricante eslovena de aeronaves (Figura 1). É a primeira aeronave que utiliza motorização 100% elétrica homologada pela *European Union Aviation Safety Agency* (EASA), instituição reguladora europeia, no ano de 2020 (BENEVIDES, 2020).

Diversas soluções são buscadas para superar os desafios ambientais. Para contribuir com esse amplo debate, esse artigo objetiva compreender se o uso dos aviões propulsados eletricamente é viável nos Centros de Instrução de Aviação Civil (CIACs) de Santa Catarina (SC). Para tanto, procurou-se desvendar a respeito da viabilidade financeira, tecnológica e ambiental do uso de tais aeronaves.

Figura 1 - Velis Electro



Fonte: Pipistrel, 2021.

R. bras. Av. civil. ci. Aeron., Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 63-87, mai-jun. 2022.

Mais especificamente os objetivos deste estudo foram: analisar e descrever a viabilidade operacional de uso de motorização elétrica na aviação de pequeno porte e em CIACs; descrever o funcionamento e os desafios, dos CIACs, no estado de SC; demonstrar vantagens e desvantagens, do uso de aviões elétricos na instrução de voo; analisar aspectos financeiros para a aquisição e manutenção de aeronaves elétricas pelos CIACs em SC; e apresentar uma proposta de política pública, para facilitar a aquisição de aeronaves elétricas pelos CIACs. Para atingir estes objetivos se mostrou necessária, a compreensão do funcionamento de motores elétricos e dos motores de combustão. Dessa forma foi possível verificar e comparar os impactos ambientais e custos operacionais, proveniente da escolha da motorização.

## 2 REVISÃO TEORICA

Para melhor compreender se o avião elétrico é viável à instrução de voo, se faz necessário compará-lo com o avião a combustão. Para tal, é importante entender como esses dois modelos de motorização realizam sua função e possibilitar a formação de pilotos, da maneira mais eficiente econômica e ambientalmente possível.

### 2.1 O MOTOR A COMBUSTÃO

Para definir o funcionamento de um motor a combustão, podemos utilizar a definição de Homa (2010 *apud* SOUZA, 2018, p. 5) “O motor de combustão interna é uma máquina térmica que transforma a energia calorífica da queima do combustível em energia mecânica. Essa energia obtida é utilizada para fornecer a tração necessária ao voo.” Os motores a combustão interna utilizados nos aviões, em sua grande maioria, funcionam segundo o ciclo Otto, o mesmo composto por quatro tempos, descritos da seguinte maneira:

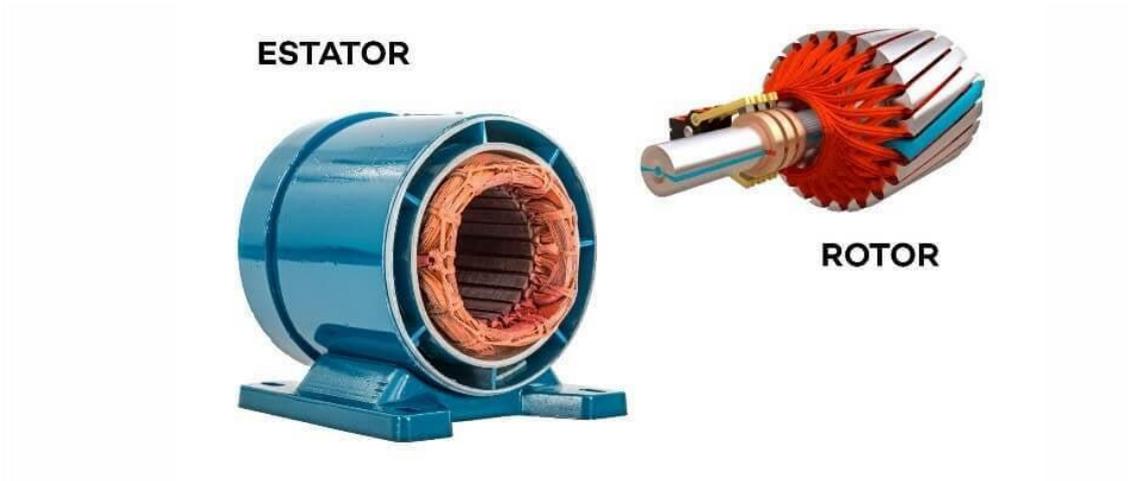
1ª admissão no qual o combustível entra na câmara de combustão. 2ª compressão no qual o pistão sobe e comprime o combustível para viabilizar a combustão que é o próximo tempo. 3ª combustão no qual o combustível é queimado, nesse tempo e gerada a potência do motor. 4ª escape no qual o pistão desce possibilitando a saída dos gases resultantes da combustão, para que o ciclo possa voltar a se repetir (MAHLE, 2020, site).

A eficiência desses motores é da ordem de 26% a 30%, o que significa que da energia gerada na combustão cerca de, 70% não é utilizada na geração de tração. Considerado de baixa eficiência, quando comparado a um motor elétrico que tem sua eficiência por volta de 90% (SOUZA, 2018). Da mesma forma com o alto valor da gasolina de aviação (Avgas) e a poluição proveniente desse combustível fóssil, apresentam-se como as principais desvantagens desta motorização. Por outro lado, as vantagens, que fazem esses motores serem os mais utilizados em aviões de pequeno porte são, baixa vibração, baixo custo de aquisição e grande disponibilidade de mecânicos capacitados para manutenção de tais motores (ARAÚJO, 2018).

## 2.2 O MOTOR ELÉTRICO

O uso de motores elétricos em veículos não é uma invenção recente, data de mais 100 anos atrás, no início do século XX, já surgiam os primeiros carros movidos a energia elétrica. Entretanto, já nos últimos anos, do século XIX, inventores franceses e ingleses, começavam a desenvolver e testar tal tecnologia (HOYER, 2008 *apud* ANTUNES, 2018). Desde sua criação tais motores têm funcionamento simples, basicamente é gerado um diferencial de campo magnético, entre o estator (parte fixa) e um rotor (parte móvel), (Figura 2), a seguir. Possibilitando assim que o rotor gire no estator, o movimento é transmitido para o eixo da hélice, gerando a tração necessária ao voo. A energia para a criação do diferencial é fornecida pelas baterias (NEOCHARGE, 2021).

Figura 2 – Estator e Rotor



Fonte: Neocharge, 2021.

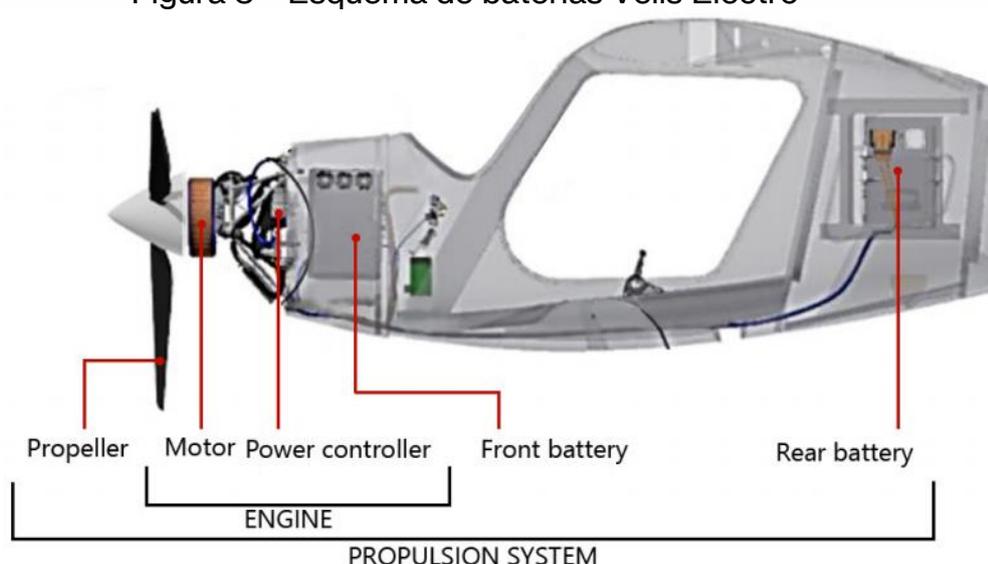
Existem variações na maneira como acontece esse movimento, podendo ser assíncrono ou síncrono, de ímã permanente ou de relutância, cada um desses modos de funcionamento, traz vantagens e desvantagens. Utilizando o Velis, avião de motor elétrico, como exemplo, o mesmo é motorizado por um motor síncrono de ímã permanente, o mesmo traz relevantes vantagens para o uso em aeronaves, tais como: grande eficiência energética, baixo peso, e gerando alta potência em um espaço físico reduzido. Tem como desvantagem o alto custo dos ímãs permanentes, além da perda de eficácia em altas velocidades (NEOCHARGE, 2021).

O motor utilizado no Velis, o E-811, resfriado à líquido, consegue fornecer 57,6 kW (77 hp), a 2.500 rotações por minuto (RPM), quando em sua potência de decolagem, e 49,2 kW (66 hp), a 2.350 RPM, em sua potência máxima contínua. Esse motor é certificado pela European Union Aviation Safety Agency (EASA), agência reguladora Europeia, garantindo assim sua confiabilidade (PIPISTREL, 2021).

### 2.3 A BATERIA

A Pipistrel projetou a aeronave Velis Electro para operar com duas baterias, uma à frente da cabine e outras atrás, conforme demonstrado na Figura 3, capaz de se manter em voo de cruzeiro com apenas uma em pleno funcionamento em caso de falha da outra. As baterias de Li-Íon são formadas por células cilíndricas de Níquel-Cobalto-Magnésio (NCM), tecnologia predominante nas baterias para veículos (PIPISTREL, 2021).

Figura 3 – Esquema de baterias Velis Electro

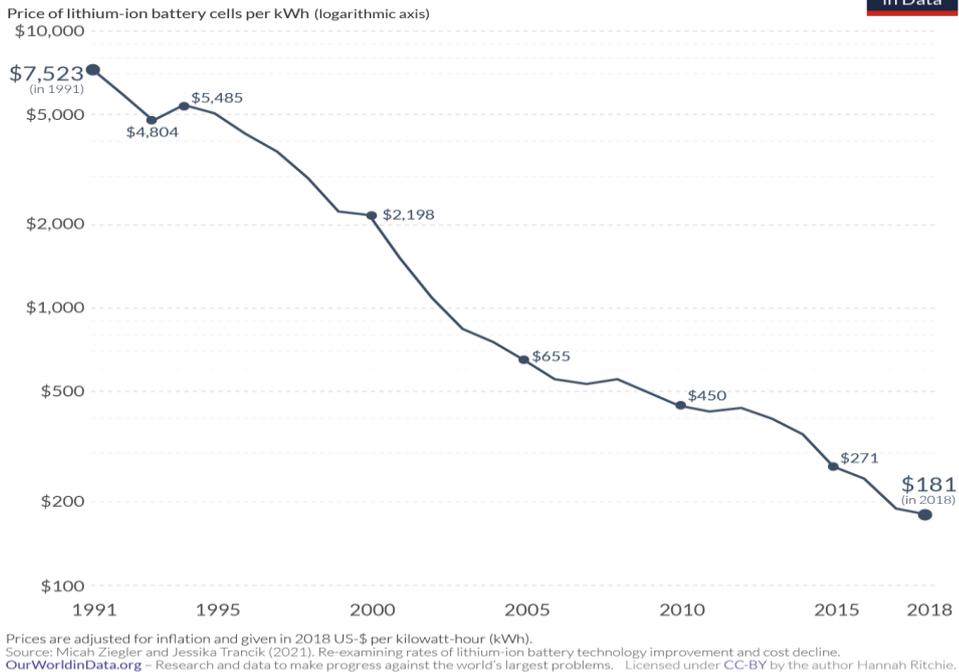


Fonte: PIPISTREL, 2021.

É esperado que a bateria consiga fornecer 3000 ciclos, variando de acordo com temperatura ambiente a que está exposta e o método de carregamento, até atingir 80% da sua vida útil, quando sua substituição é realizada, fornecendo assim por volta de 500 horas de voo. O valor para reposição das baterias está por volta de 10,200 € ou R\$ 62,550 em janeiro de 2021 (SUSTAINBLE SKIES, 2019).

Projetando o futuro da tecnologia de bateria em relação a preços, o retrospecto de avanços se demonstra bastante promissor, já que houve uma grande redução do custo de baterias de lítio nas últimas décadas, diminuição essa que não demonstra estar desacelerando, conforme Figura 4 a seguir (OUR WORLD IN DATA, 2021).

Figura 4- Redução do custo de baterias desde 1991  
The price of lithium-ion batteries fell by 97%



Fonte: Our World in Data, 2021.

Com autonomia para uma hora de voo, mais reservas para voo *visual flight rules*, VFR (uma hora mais meia hora em caso de voo diurno, ou uma hora mais 45 minutos em caso de voo noturno). O carregamento das baterias do Velis, considerando-se a bateria vazia até a carga total, leva em média 70 minutos (PIPISTREL, 2021).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Essa é uma pesquisa descritiva. Descritiva por descrever certas características de determinada população ou fenômeno, ou estabelecendo relações entre variáveis (SILVA; MENEZES, 2005).

Foi utilizada a abordagem quali-quantitativa. Ela é qualitativa quando busca a compreensão do cenário atual da tecnologia de aviões elétricos através de dados disponibilizados por fabricantes, periódicos técnico-científicos, revistas especializadas e livros. Se caracteriza como quantitativa pelo uso de questionários para a obtenção de dados numéricos e de custos operacionais,

visando entender o funcionamento dos cinco CIACs de Santa Catarina, homologados para ministrar o curso prático de piloto privado.

Para a coleta de dados foram utilizados dois questionários, um encaminhado aos cinco CIACs de Santa Catarina, para coletar informações, a respeito das operações dessas instituições, sendo o questionário respondido por um representante da administração de cada CIAC. Outro foi enviado a Safe Escola de Aviação Civil, localizada no aeroporto da cidade de São José dos campos. Instituição essa que será a primeira utilizar aviões elétricos para instrução de voo no Brasil, detentores de informações que podem assim esclarecer como se dá o processo de inserção de tais aeronaves, e os resultados esperados dessa inovação.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O questionário enviado para os CIACs de Santa Catarina, foi respondido por três das cinco instituições, para as quais foi enviado por *e-mail*. Deste questionário foi possível através da interpretação dos dados obter respostas sobre quais são os aviões mais utilizados, quantas horas por mês eles voam, em média. Ainda verificar porque essas aeronaves foram escolhidas para a instrução de voo, quais os principais custos de sua operação, além de compreender o interesse ou não da instituição por aviões elétricos.

Com objetivo de melhor compreensão dos resultados, foi realizada uma avaliação a respeito dos custos de operação com as duas categorias de motorização, elétrica e combustão interna, além de uma demonstração do diferencial entre os impactos causados por esses motores ao meio ambiente.

##### **4.1 CUSTO DA HORA DE VOO COM MOTOR A COMBUSTÃO**

O valor do Avgas fornecido pela *BR Aviation* em maio de 2021, era de R\$ 10,10/litro. A partir desse dado, foi possível determinar qual o custo aproximado do combustível necessário para uma hora de voo, sendo que os valores variam de acordo com o local.

Para o cálculo foram utilizados dados obtidos do manual de operações do Cessna 152 (C152), aeronave *biplace*, avião que possui dois assentos, amplamente usada na instrução de voo. Segundo o manual utilizado pela Voe Floripa o consumo horário médio do C152 é de 25 litros (VOE FLORIPA, 2017). Assim o custo do combustível para uma hora de voo na ocasião era de R\$ 252,50, representando 43% do valor da hora de voo, comercializada pelo Aeroclube de Blumenau, que em julho/2021 tinha o valor de R\$ 587,00 a hora de voo (AEROCULUBE DE BLUMENAU, 2021).

#### 4.2 CUSTO DA HORA DE COM MOTOR ELÉTRICO

Em 2021, a Escola de Aviação Civil Safe, que opera no aeroporto de São José dos Campos, anunciava a aquisição de um Velis Electro, também foi anunciado o valor de R\$ 345,00 por hora de voo. Este valor representa uma redução de 40% no custo da hora de voo se comparado com o valor pelo qual a hora do C152 era comercializada no mesmo período (R\$ 587,00) (SAFE, 2021).

A redução do valor da hora de voo do avião elétrico se deve a diminuição dos custos operacionais. Para operar por uma hora o custo do combustível requerido pelo Velis (energia elétrica) representa 10% do valor para o mesmo tempo de operação com um C152 que utiliza Avgas. Além da redução no custo do combustível necessário, a mesma situação ocorre com a manutenção, por possuir poucas peças móveis, o custo da manutenção programática de um motor elétrico é 52% menor que o de um motor a combustão interna. Resultando numa redução nos custos operacionais em 54%, quando se opera com o Velis (SAFE, 2021).

#### 4.3 COMPARAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL, DE UMA AERONAVE ELETRICAMENTE PROPULSADA, COM UMA AERONAVE QUE UTILIZA MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA

Além de vantagens econômicas, avanços ambientais são possíveis quando se troca o combustível fóssil pela energia elétrica, para propulsão de aviões. É possível quantificar o impacto dessa substituição de algumas maneiras, pela redução na poluição sonora, redução dos resíduos sólidos provenientes das operações, com destaque a redução na emissão de gases do efeito estufa, mais especificamente o CO<sub>2</sub>, o principal deles. Para demonstrar essa diminuição a quantificação foi possível utilizado o método de cálculo de emissões de CO<sub>2</sub> apresentado por Souza (2018), com a seguinte equação:

$$\text{Emissões (kg de CO}_2\text{)} = (\text{CC} \times \text{TC} \times 3,6) / (\text{NP} \times \text{TO}) \quad (1)$$

Onde:

CC = Massa de combustível (litros x 0,72), em kg,

TC = Teor de carbono no combustível (86 %)

NP = Número de passageiros

TO = Taxa de ocupação dos assentos

Utilizando o caso do C152, como exemplo de avião com motor a combustão, têm-se os seguintes dados: Aeronave com capacidade para 2 pessoas, que consome 25 litros/hora de Avgas, a equação resulta:

$$\text{Emissões (kg de CO}_2\text{)} = ((25 \times 0,72) \times 0,82 \times 3,6 / (2 \times 1))$$

$$\text{Emissões (kg de CO}_2\text{)} = (18 \times 0,86 \times 3,6) / (2 \times 1)$$

$$\text{Emissões (kg de CO}_2\text{)} = 27,86 \text{ por pessoa.}$$

Para ser possível utilizar o mesmo método de cálculo, para o motor elétrico, é preciso, levar mais alguns fatores em conta. No cálculo da emissão de CO<sub>2</sub>, dos motores elétricos, utilizando o seu consumo de kWh, ou seja, assim como no caso do Avgas é necessário multiplicar cada kWh pelo fator de emissão de CO<sub>2</sub>, do mesmo. Foi possível obter esse fator do seguinte modo, no Brasil, esse número varia conforme as condições hidrológicas de cada ano, devido à necessidade do uso de termoelétricas ou não, o fator de 2016 é (0,0817 t CO<sub>2</sub>/MWh) (RUPP; LAMBERTS, 2017).

Quando utilizado o valor de 0,0817 t CO<sub>2</sub>/MWh, para o cálculo de emissão do Velis Electro, avião com motor elétrico, utilizado de exemplo, que consome 35 kWh, e tem capacidade para duas pessoas, resulta na seguinte equação:

$$(\text{kg de CO}_2) = (0,035 \text{ MWh} \times 0,0817) / (2 \times 1)$$

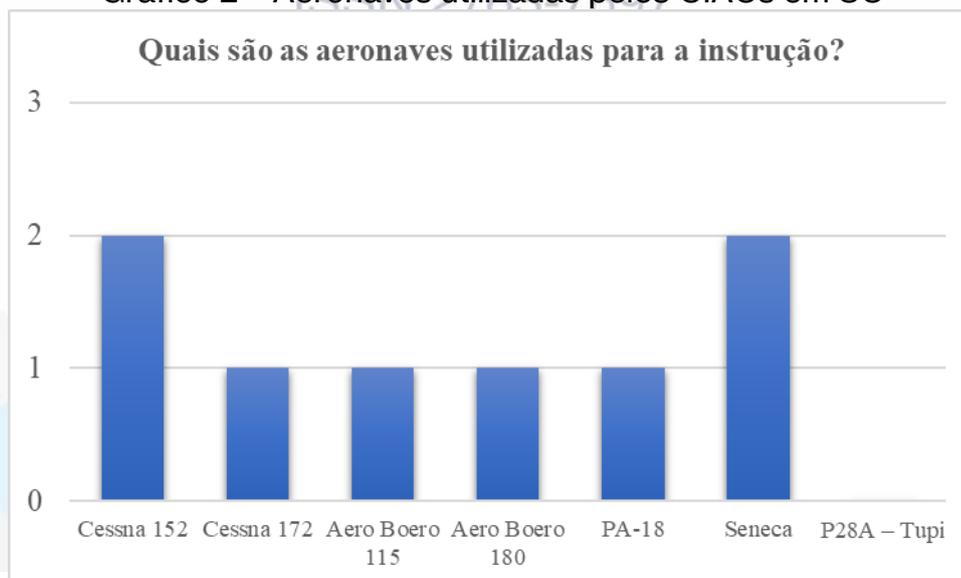
$$(\text{kg de CO}_2) = 2,8595 \text{ kg por pessoa}$$

Ou seja, o Velis emite entorno de 10 vezes menos CO<sub>2</sub>, em relação ao C152. Dessa forma é possível quantificar a diminuição do impacto ambiental, proveniente da alteração da motorização nas aeronaves.

#### 4.3 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS CIAC's DE SANTA CATARINA

Com os dados obtidos a partir do questionário enviado aos CIACs de Santa Catarina, foi possível concluir que duas instituições das três que responderam, utilizam o Cessna 152 e Senecas na instrução. Já, o Cessna 172, Aero Boero 115, Aero Boero 180, PA-18 são utilizados por apenas uma das instituições, conforme demonstra o Gráfico 2, a seguir.

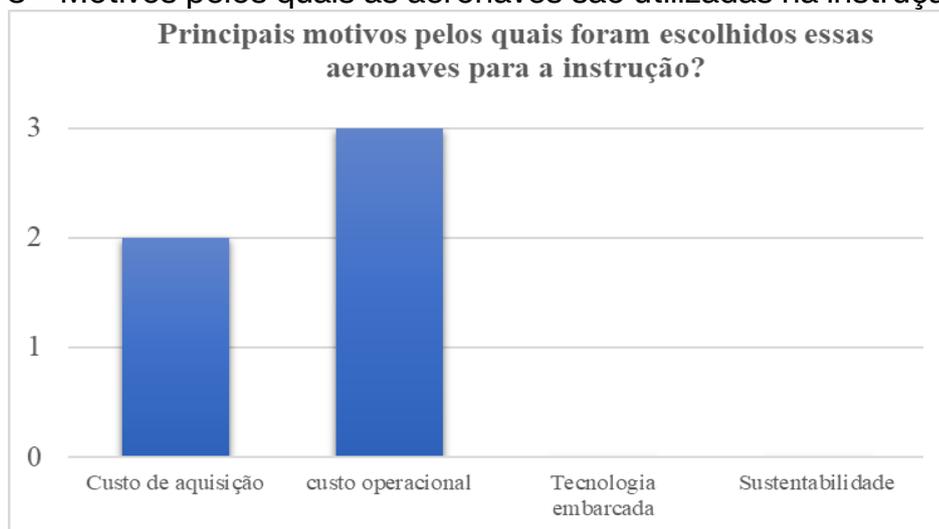
Gráfico 2 – Aeronaves utilizadas pelos CIACs em SC



Fonte: Autores, 2021.

Os motivos pelos as aeronaves anteriormente citadas foram escolhidas para instrução são, com três respostas, custo operacional e com duas respostas custo de aquisição, as demais opções não foram escolhidas, conforme demonstra o Gráfico 3.

Gráfico 3 – Motivos pelos quais as aeronaves são utilizadas na instrução de voo



Fonte: Autores, 2021.

Quando perguntados qual a média de horas voadas por cada aeronave da frota, no período de um mês, os CIACs forneceram as seguintes informações, um voa cinquenta horas, outro informou voar cem horas e o último voa cento e cinquenta horas, por aeronave, conforme demonstra o Gráfico 4, a seguir.

Gráfico 4 – Horas voadas em média por cada aeronave



Fonte: Autores, 2021.

Os principais custos variáveis são, o custo por hora de voo, combustível, manutenção e hangaragem, devido à variação na necessidade do uso de pátios de alguns aeroportos, conforme demonstrado o Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 – Custos Variáveis

Instituição 1	Hangaragem/pátio, combustível, manutenções por hora.
Instituição 2	Manutenção e combustível.
Instituição 3	Combustível.

Fonte: Autores, 2021.

Já os custos fixos, o que independem do número de horas voadas, são mencionados custos com instrutores de voo, seguro RETA (seguro obrigatório), manutenção programática, Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade (CVA), além de hangaragem, conforme demonstra o Quadro 2, a seguir.

Quadro 2 – Custos Fixos

Instituição 1	Seguro RETA, CVA, inspeções periódicas.
Instituição 2	Inva, combustível, óleo, manutenção.
Instituição 3	Inva, Hangaragem, seguro RETA, CVA.

Fonte: Autores, 2021.

Foi também possível verificar que para dois dos três CIACs, o combustível é o maior custo para a operação, já no caso de um deles é a manutenção, conforme demonstra do Gráfico 5.



Gráfico 5 – Maior custo operacional



Fonte: Autores, 2021.

Quando perguntados a respeito da variação nos custos, informaram que os custos se relacionam ao dólar, ou seja, se o dólar sobe, influencia o valor do combustível e da manutenção, conforme demonstra o Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 – Variação dos custos

Instituição 1	Associados ao dólar essencialmente. Atrelado à variação cambial.
Instituição 2	Atrelado ao dólar.
Instituição 3	Sim, houve.

Fonte: Autores, 2021.

Duas das três instituições informaram nunca terem ventilado a hipótese de utilizar aviões elétricos na instrução de voo, conforme demonstra o Gráfico 6 a seguir.

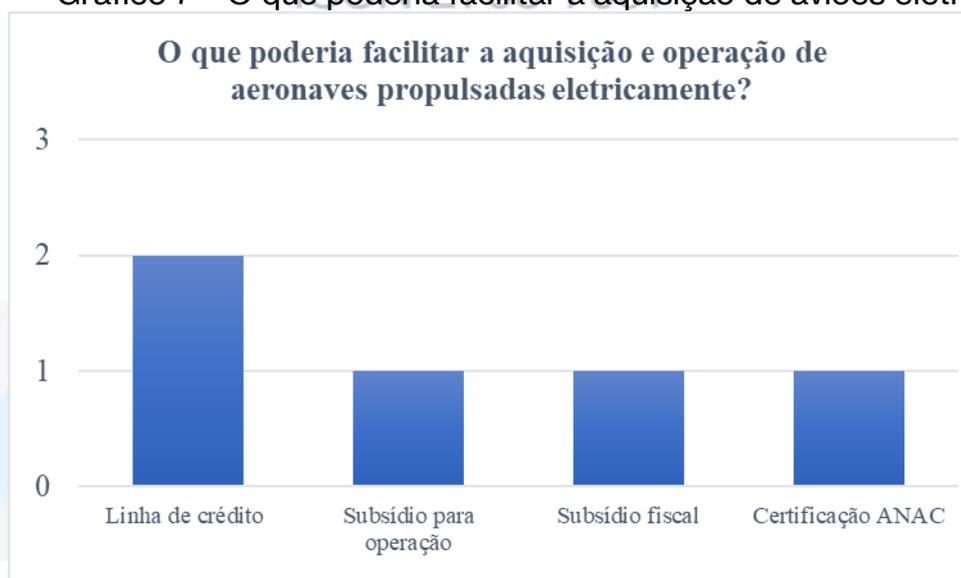
Gráfico 6 – Se foi ventilada a possibilidade de uso de aviões elétricos



Fonte: Autores, 2021.

A instituição que respondeu positivamente a questão anterior, disse que tal intenção se deve ao custo de operação do avião elétrico, já as que responderam negativamente, justificaram a resposta por razões técnicas e financeiras, além da ausência de demanda. Perguntadas sobre o que poderia facilitar a aquisição de um avião elétrico, duas responderam que uma linha de crédito seria útil, conforme demonstra o Gráfico 7 a seguir.

Gráfico 7 – O que poderia facilitar a aquisição de aviões elétricos



Fonte: Autores, 2021.

Através desse questionário se fez possível compreender o cenário atual da instrução de voo no estado de Santa Catarina, no qual são usados como demonstra o gráfico 2 aviões das décadas de 70 e 80, tense como o principal custo operacional o combustível das aeronaves, a variação do dólar afeta os custos da operação.

#### 4.4 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO QUESTIONARIO ENVIADO À SAFE ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL

A Safe será a primeira instituição a usar aviões elétricos na instrução de voo no Brasil, já tendo comprado seu primeiro Velis Electro. Desta forma pode trazer informações relevantes sobre a viabilidade do uso de avião elétrico nas escolas de aviação civil. Segundo a Instituição, os principais motivos que levaram à escolha do avião elétrico são: custo operacional e sustentabilidade. Entretanto, os desafios encontrados para a compra da aeronave foram: o alto preço de aquisição, de 185.000,00 € (R\$ 1.104.450), e a baixa autonomia do Velis, por volta de uma hora e quinze minutos, embora segundo a Safe tenha-se a expectativa de um aumento gradual dessa autonomia, ano a ano.

A Safe espera que os principais impactos do uso do avião elétrico sejam a redução do valor da hora de voo, o aumento da sustentabilidade da operação, além da independência energética, não dependendo mais de combustível importado, espera também que o maior custo operacional deixe de ser o combustível e se torne a manutenção. Embora a frota da Instituição continue sendo mista, aviões elétricos e a combustão, pois em função da baixa autonomia do avião elétrico, o que impossibilita navegações de maior curso, necessárias para formar pilotos, exista a necessidade de manutenção das aeronaves convencionais.

Um dos desafios para a implementação dos aviões elétricos e o seu valor de aquisição, passando de um milhão de reais, a solução encontrada pela Safe foi a propriedade compartilhada, modelo no qual contas são comercializadas com o intuito de viabilizar a aquisição ou operação de determinado bem, cada contista, maneira pela qual o comprador de cada cota e chamado, tem direito a

usufruir, dentro das limitações estabelecidas por contrato, da aeronave. O uso de tal modelo de compra, pode possibilitar a compra de aviões elétricos, tendo em vista a arrecadação de fundos provenientes dessa venda, tornando assim viável a implementação das aeronaves elétricas, no que tange o aspecto financeiro da aquisição.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esse estudo teve por objetivo, demonstrar a viabilidade do uso de aviões elétricos na instrução de voo em Santa Catarina, foram exploradas questões financeiras, técnicas e ambientais. Demonstraram-se os desafios para integrar o avião elétrico à instrução de voo, quer seja o seu custo de aquisição e a autonomia de suas baterias.

Os aviões elétricos são considerados mais limpos e tecnológicos, tanto na aviônica quanto na motorização. Sua entrada em operação no território nacional poderia ser facilitada pelo incentivo estatal, tanto disponibilizando linhas de crédito para a aquisição, quanto subsidiando a compra com a redução de tributação sobre a importação e sobre a energia elétrica necessária para a operação. Tais subsídios se justificam devido à redução da poluição gerada pela instrução de voo, além do fato de ser possível uma redução no custo da hora de voo, tornando, assim, mais acessível à instrução de voo.

O custo de aquisição de uma aeronave elétrica é bastante elevado, quando comparado ao custo para compra dos aviões de combustão interna em uso atualmente pelos CIACs. Isso se deve a esses aviões serem antigos e existir grande disponibilidade no território nacional, portanto não terão acrescido ao seu valor, as taxas e impostos de importação, que variam segundo o modelo de aeronave, estado do qual será importado entre outros fatores, além do custo de transporte até o Brasil.

Embora o valor do avião elétrico não tenha tanta discrepância quando comparado a um avião a combustão com características similares e de mesmo ano de fabricação. Uma comparação por um avião produzido em 2015, por

exemplo, não se encaixa na realidade da instrução de voo, aviação que usa modelos da década de 70 devido ao seu menor custo de aquisição e operação.

A questão da autonomia das baterias ainda é um grande desafio tecnológico para o avião elétrico, embora exista a perspectiva de um gradual aumento dessa autonomia, associado a avanços contínuos na tecnologia de produção de baterias. Todavia, atualmente essa limitação impossibilita que as instituições mantenham uma frota exclusiva de aviões elétricos, devido à necessidade de navegação em tempo superior à autonomia das baterias de aviões elétricos, sendo necessário manter aviões convencionais para a formação de pilotos.

## REFERÊNCIAS

AERoclube DE BLUMENAU. **Tabela de preços**. 2021? Disponível em: [www.aeroclubedeblumenau.com.br/cursos-do-aeroclube-de-blumemanu/tabela-de-precos/](http://www.aeroclubedeblumenau.com.br/cursos-do-aeroclube-de-blumemanu/tabela-de-precos/). Acesso em: 10 jun. 2021.

ANAC. **Aeronaves**. 25 de set. de 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/dados-e-estatisticas/aeronaves>. Acesso em: 13 mar. 2021.

ANAC. **Escolas de aviação civil**. 2021. Disponível em: <https://sistemas.anac.gov.br/educator/Index2.aspx>. Acesso em: 01 jun. 2021.

ANAC. **Mudanças Climáticas**. 7 mai. de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/mudanca-climatica>. Acesso em: 24 mai. 2021.

ANTUNES, Paulo Donizete Ribeiro. **Veículos elétricos, funcionamento e seus benefícios**. UNIFACVEST. Lages. 2018. Disponível em: <https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/d74d7-antunes,-p.-d.-r.-veiculos-eletricos-funcionamento-e-seus-beneficios.-tcc,-2018..pdf>. Acesso em: 28 ago. 2021.

ARAÚJO, Daniel S. de. Motores a pistão aeronáuticos, um panorama. **Autoentusiastas**. 09 de dez. 2018. Disponível em:

<https://autoentusiastas.com.br/2014/08/motores-a-pistao-aeronauticos-um-panorama/>. Acesso em: 10 ago. 2021.

ARAÚJO, Daniel S. Paulistinha: o maior treinador de pilotos do Brasil.

**Autoentusiastas**. 26 ago. 2015. Disponível em:

[https://www.autoentusiastas.com.br/2014/11/paulistinha-o-maior-treinador-de-pilotos-do-](https://www.autoentusiastas.com.br/2014/11/paulistinha-o-maior-treinador-de-pilotos-do-brasil/#:~:text=Mais%20de%20270%20aeronaves%20Neiva,o%20auxilio%20da%20eletrônica%20embarcada)

[brasil/#:~:text=Mais%20de%20270%20aeronaves%20Neiva,o%20auxilio%20da%20eletrônica%20embarcada](https://www.autoentusiastas.com.br/2014/11/paulistinha-o-maior-treinador-de-pilotos-do-brasil/#:~:text=Mais%20de%20270%20aeronaves%20Neiva,o%20auxilio%20da%20eletrônica%20embarcada). Acesso em: 30 abr. 2021.

BENEVIDES, Gabriel. Primeiro avião elétrico é certificado na Europa. **Aero Magazine**. 15 de jun. 2020. Disponível em:

[https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/primeiro-aviao-eletrico-e-certificado-na-europa\\_5394.html](https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/primeiro-aviao-eletrico-e-certificado-na-europa_5394.html). Acesso em: 11 mai. 2021.

BRASIL. Decreto nº 19.902, de 22 de abril de 1931. Dispõe sobre a criação e organização do Departamento de Aeronáutica Civil. **Diário Oficial da União**: seção 1, Rio de Janeiro, 22 abr. 1931. Disponível em:

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1930-1949/D19902.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D19902.htm). Acesso em: 8 jun. 2021.

GIL, Antônio Carlos; SANTOS, Luciene. **Como classificar as pesquisas?**. 2002. Disponível em:

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38881088/como\\_classificar\\_pesquisas-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1636830031&Signature=W8EPfBI9OtnoCtOVJOrAThMfW0EELuOT~uA11IDqXZkzOfXwsrXbKcwZ-XW-49JET9KyFtJ6EyYdr4U9~ijs64dsnvsmYNeCj8oTJw1EitqFeM3CiBqtEsWBx79ul6VboMYGc8zTuCV5Re88PXDR040sSs6ldyyS46kn1Qy90MPdBeFfKY-Wblqjh3lIKSyJKlIWx6LwW9rvGFsjwT4aN7GiiUh8sdtvOFpjob06gzzm8YAlk-hQTFAYWMWsgR~vDpfcBH9NA359ZXy0HF86ZS6bu~EvIHZ~Eu3Qk5OLo2B-7s7ZQptmg~nl~kzXz7xFpD0ZJub3LGbtuOARo3olw\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38881088/como_classificar_pesquisas-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1636830031&Signature=W8EPfBI9OtnoCtOVJOrAThMfW0EELuOT~uA11IDqXZkzOfXwsrXbKcwZ-XW-49JET9KyFtJ6EyYdr4U9~ijs64dsnvsmYNeCj8oTJw1EitqFeM3CiBqtEsWBx79ul6VboMYGc8zTuCV5Re88PXDR040sSs6ldyyS46kn1Qy90MPdBeFfKY-Wblqjh3lIKSyJKlIWx6LwW9rvGFsjwT4aN7GiiUh8sdtvOFpjob06gzzm8YAlk-hQTFAYWMWsgR~vDpfcBH9NA359ZXy0HF86ZS6bu~EvIHZ~Eu3Qk5OLo2B-7s7ZQptmg~nl~kzXz7xFpD0ZJub3LGbtuOARo3olw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA). Acesso em: 13 nov. 2021.

FAY, Claudia Musa; FONTES, Rejane de Souza. **O papel do aeroclube do Brasil na construção de uma política nacional de aviação brasileira (1911-1972)**.

História (São Paulo), vol. 36, 2017, pp. 1-35 Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho São Paulo, Brasil. Disponível em:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=221049548013>. Acesso em: 12 mar. 2021.

FERREIRA, Raquel Franco dos Santos. Uma história da campanha nacional da aviação (1940-1949): o Brasil em busca do seu 'Brevê'. **Revista Cantareira**, n. 17, 5 de fev. 2019. Disponível em:

<https://periodicos.uff.br/cantareira/article/view/27894>. Acesso em: 22 abr. 2021.

FIGUEIREDO, Luiz Alberto Gomes. Motores e combustíveis de aviação. **Aero Magazine**. 29 de jan. de 2013. Disponível em:

[https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/motores-e-combustiveis-de-aviacao\\_808.html](https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/motores-e-combustiveis-de-aviacao_808.html). Acesso em: 09 mar. 2021.

MAHLE. **Motores de combustão interna**. 2020. Disponível em:

<https://www.mahle-aftermarket.com/media/local-media-latin-america/catalogs/manuais-tecnicos/manual-curso-de-motores-2019.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2021.

NEOCHARGE. **Como funciona o motor de um carro elétrico**. 2020. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/motor-como-funciona>. Acesso em: 13 set. 2021.

OUR WORLD IN DATA, **the price of batteries has declined by 97% in the last three decades**. 04 de jun. 2021. Disponível em:

<https://ourworldindata.org/battery-price-decline>. Acesso em: 12 nov. 2021.

PETROBRAS. **Preços de venda de combustíveis**. 2021. Disponível em:

<https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/precos-de-venda-de-combustiveis/>. Acessado em: 09 nov. 2021.

PIPISTREL. **Velis electro: arriving from the future, EASA type-certified now**.

Disponível em: <https://www.pipistrel-aircraft.com/aircraft/electric-flight/velis-electro-easa-tc>. Acesso em: 02 mar. 2021.

PIPISTREL. **Pilot´s operating handbook Velis Electro**. Disponível em:

<https://www.manualslib.com/manual/2129606/Pipistrel-Velis-Electro.html#manual>. Acesso em: 30 nov. 2021.

RUPP, Ricardo Forgiarini; LAMBERT, Roberto. **Fatores de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária e em emissões de dióxido de carbono a serem usados na etiquetagem de nível de eficiência energética de edificações**. Florianópolis. Abr. de 2017. Disponível em:

<https://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Relatório%20Fatores%20de%20Conversão.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2021.

SAFE, Escola de Aviação. **Safe Event Day**. Youtube, 20 de ago. 2021. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=xnawceUWYko&t=4412s>. Acesso em: 25 ago. 2021.

SILVA, Odair Vieira da; SANTOS, Rosiane Cristina dos. **Histórico dos órgãos de regulamentação da aviação civil brasileira: DAC, ANAC, CONAC e INFRAERO**.

**Revista científica. eletrônica de turismo**. Garça. jan. 2009. Disponível em: [faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/Gk9riDfrOPgHrxM\\_2013-5-22-17-28-58.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/Gk9riDfrOPgHrxM_2013-5-22-17-28-58.pdf). Acesso em: 13 mar. 2021.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Florianópolis. 2005. Disponível em: [cursos.unipampa.edu.br/cursos/ppgcb/files/2011/03/Metodologia-da-Pesquisa-3a-edicao.pdf](https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/ppgcb/files/2011/03/Metodologia-da-Pesquisa-3a-edicao.pdf) Acesso em: 08 mar. 2021.

SOUZA, Teófilo Miguel de. **Inserção de aeronaves a propulsão elétrica em escolas de aviação e aeroclubes do Brasil**. RIUNI, Palhoça, 2018. Disponível em: <http://www.riuni.unisul.br/handle/12345/5438>. Acesso em: 10 mar. 2021.

SUSTAINABLE SKIES. **Total operating costs – Batteries included**. 07 de out. 2019. Disponível em: <https://sustainableskies.org/total-operating-costs-batteries-included/>. Acesso em: 20 out. 2021.

VOE FLORIPA. **Flight standards manual**. 02 de nov. de 2017. Disponível em: [fft.r2cfmidia.com.br/documentos/ged/ged-066ddf72f63ca90ccff75b1edb8afe19.pdf](http://fft.r2cfmidia.com.br/documentos/ged/ged-066ddf72f63ca90ccff75b1edb8afe19.pdf). Acesso em 04 jun. 2021.

