

ZAGO, Igor Paganotto; CROCE, José Antonio Garcia. Estudo sobre propulsão elétrica na aviação. In: WORKSHOP DE INOVAÇÃO, PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO, 2., 2016, São Carlos, SP. *Anais...* São Carlos, SP: IFSP, 2016. p. 92-95. ISSN 2525-9377.

## ESTUDO SOBRE PROPULSÃO ELÉTRICA NA AVIAÇÃO

IGOR PAGANOTTO ZAGO<sup>1</sup>, JOSÉ ANTONIO GARCIA CROCE<sup>2</sup>

1 Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo, Tecnologia em Manutenção de Aeronaves, São Carlos, Brasil.

2 Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo, Tecnologia em Manutenção de Aeronaves, São Carlos, Brasil.

**RESUMO:** Foi realizado um estudo sobre a utilização de motores elétricos como alternativa aos motores a combustão interna na aviação de pequeno porte. Para tanto, é realizado um breve estudo sobre os tipos e o funcionamento dos motores elétricos, bem como seus processos de manutenção. Assim, pretende-se realizar uma comparação entre o motor elétrico e alternativo e fazer uma pesquisa sobre as novas tecnologias desenvolvidas atualmente com o intuito de se constatar se é viável e eficiente a aplicação de motores elétricos no meio aeronáutico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Propulsão elétrica. Aeronaves. Motor.

**ABSTRACT:** In this work was done a study about the use of electric motors as an option to combustion engines in small aviation. Therefore a study about the types, the function and the maintenance procedures of electric motors was conducted. Thus, aims to realize a parallel between the electric motor and the reciprocating engine and do a research about the new technologies developed nowadays in order to find if is viable and efficient the applications of electric motors in the aeronautic field.

**KEYWORDS:** Electric propulsion. Aircraft. Motor.

### INTRODUÇÃO

Há uma constante busca na aviação pelo aumento de eficiência, redução de ruído, vibrações e custos operacionais, qualidades facilmente identificadas no motor elétrico, entretanto, a baixa autonomia que a densidade energética das baterias proporciona tem sido um entrave na utilização deste tipo de motor no meio aeronáutico.

Mesmo assim, ao se observar as transformações tecnológicas das últimas décadas é verificável como alguns aparatos mecânicos como sensores analógicos, atuadores, e sistemas de controle vêm sendo atualizados por equivalentes elétricos e eletrônicos devido à eficiência e confiabilidade que esses provém e o motor também pode se encaixar nesse aprimoramento tecnológico.

Ainda que hoje a baixa densidade energética das baterias seja um gargalo para os motores elétricos, a visão que se tem em relação à densidade energética das baterias é promissora, e é por isso que empresas como a Airbus, Siemens, Pipistrel, e a NASA, estão desenvolvendo aeronaves elétricas e pesquisas sobre as melhores condições em que essas possam operar.

Desta forma, propõe-se realizar uma análise bibliográfica e documental dos estudos conduzidos em relação à aplicação aeronáutica de motores elétricos para propulsão, para tal serão vistos documentos e projetos sendo esses teóricos, comparativos ou de fato concebidos

fisicamente que tenham relação com a aviação elétrica, sua manutenção, aplicações e previsões sobre seu futuro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O motor elétrico é uma máquina que converte energia elétrica em mecânica, sua concepção como se tem hoje foi o resultado de diversos estudos no campo da eletricidade e do eletromagnetismo. O motor elétrico possui diversos componentes que contribuem para seu funcionamento e devido ao tipo de motor haverá variações nos componentes necessários a seu funcionamento, porém os dois componentes cruciais que compõe todo motor é o rotor e o estator, sendo que é a interação eletromagnética entre eles que produz o movimento do motor.

Inicialmente serão explicados aqui os quatro principais tipos de motores elétricos, visando demonstrar as vantagens e desvantagens que um possui em relação ao outro, são eles o motor de corrente contínua com escovas, o motor de corrente contínua sem escovas, o motor de corrente alternada síncrono e o motor de corrente alternada assíncrono.

O tipo mais simples e barato de motor elétrico é o de corrente contínua com escovas, sendo que seu funcionamento se dá pelo princípio da comutação realizada pelas escovas nas “teclas” da armadura (rotor do motor), como pode ser visto na Figura 1.

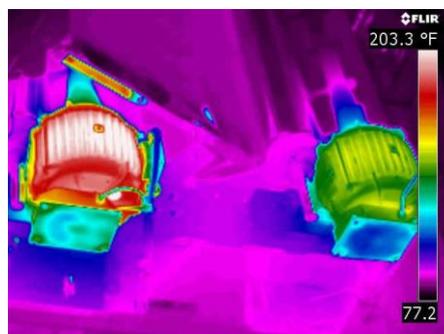
Os demais tipos aqui explicados funcionarão exclusivamente pelo princípio de se gerar um campo girante, isso é, o estator altera gradativamente sua polarização com o intuito de movimentar o rotor.

O motor de corrente contínua sem escovas cria esse movimento por meio de um sistema eletrônico que energiza de dois a dois as três fases do estator. Devido a seu circuito eletrônico de controle, pode-se dizer que ele é o mais caro, porém o mais preciso e ajustável de todos.

Os motores de corrente alternada síncronas e assíncronos possuem uma faixa de rotação menor que os de corrente contínua, pois para se controlar sua velocidade depende-se de sua frequência. Os motores assíncronos operam através do princípio de indução de um campo do estator em um rotor metálico, como sugere a lei de Lenz, já nos síncronos, há corrente contínua passando pelo rotor, o que gera um campo que interagirá com o do estator.

Enquanto os motores alternativos dependem de sincronia de diversos componentes mecânicos para o seu bom funcionamento, bem como uma sequência de testes para se identificar quais as causas de sua perda de potência, os motores elétricos são relativamente simples, e os fatores que prejudicam seu desempenho são, em geral, de fácil identificação.

**Figura 1: Imagem da câmera termográfica**



Fonte: <http://www.flir.com.br/instruments/display/?id=55837>

Basicamente existem três principais causas de queda de potência em motores elétricos, e são essas o excesso de poeira no motor, a fuga de carga ou descontinuidade dos fios, ou a má lubrificação dos rolamentos.

Para se identificar o problema em um motor elétrico que está apresentando rendimento ruim, ou se desmonta ele e faz uma inspeção visual, ou se utiliza uma câmera termográfica.

Uma câmera termográfica é um dispositivo que faz uma leitura de calor com o motor em funcionamento, ela possui uma escala de cores que identificam temperaturas, ao se compara com o manual as faixas de temperatura que seu motor está apresentando em cada uma das partes do motor, é possível saber que parte do motor está gerando a perda de sua eficiência.

Assim, a manutenção do motor pode ser a troca ou isolação de fios, a limpeza da armadura do motor, uma vez que a sujeira leva a um aumento da energia que se dissipa em calor, a lubrificação dos rolamentos, a qual deve ser feita com o óleo ou graxa especificados no manual do fabricante do motor e seguindo os procedimentos adequados, e a troca de rolamentos, a qual deve ser executada com a ferramenta adequada para essa operação, e claro, verificar quais quer partes do motor que possam apresentar desgaste.

Serão realizadas comparações genéricas entre os motores elétricos e os motores a combustão interna, para analisar quais pontos positivos e negativos existem na ideia da implementação dos motores elétricos no campo aeronáutico.

Com o objetivo de obter altas potências, os motores da nova geração já atingem potências de 260Kw que equivale a 360Hp, uma potência que supera a de muitos motores de aeronaves convencionais.

Como já dito anteriormente os motores elétricos possuem menos partes móveis que os motores alternativos, e sendo assim, possuem processos de manutenção mais simples e rápidos.

Motores elétricos não produzem vibração significativa, como é o caso dos alternativos. Os tipos elétricos não geram gases poluentes, e sua emissão de ruído é significativamente menor que das aeronaves com motor a combustão.

Apesar das baterias serem razoavelmente pesadas, os motores elétricos não necessitam de eixo de comando, tanques, linhas e bombas de combustível e óleo, não precisam de sistemas elétricos ou de tempo de válvulas, além de o motor elétrico equivalente em potência a um alternativo possuir um peso muito menor.

Os motores convencionais, entretanto, proporcionam uma autonomia muito maior às aeronaves.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fazendo uma análise de diversos parâmetros entre motores elétricos e alternativos teremos os seguintes resultados:

<b>Análise de parâmetros</b>		
<b>Parâmetros</b>	<b>Motores Elétricos</b>	<b>Motores Alternativos</b>
Potência	X	X
Eficiência	X	
Autonomia		X
Vibrações	X	
Ruído	X	
Custo de Manutenção	X	
Custo de operação	X	
Custo do sistema todo		X
Peso do motor	X	

\*O (x) indica a superioridade desse tipo de motor naquele determinado parâmetro.

Tendo isso em vista, e com a crescente densidade energética das baterias com o advento das baterias de Íons de lítio e derivados, cada vez mais a aviação elétrica se torna real.

Hoje há muitos estudos sendo realizados, como os motores elétricos movidos por baterias de polímero de lítio feitas pela empresa KOKAM desenvolvidas para a aeronave *E-fan* da Airbus ou o estudo da NASA em relação empuxo distribuído sobre as asas a fim de se obter a maior autonomia possível utilizando-se motores elétricos, para desenvolvimento da aeronave protótipo Maxwell (X-57).

**Figura 2: Idealização da aeronave X-57. Figura 3: Aeronave E-fan.**



Fonte2: <http://phys.org/news/2016-06-x-maxwell-nasa-electric-plane.html>

Fonte3: <http://portaldoviador.com/2013/10/eads-e-rolls-royce-investem-em-aeronaves-eletricas-para-2050.html>

A aeronave *E-fan* foi o primeiro avião elétrica desenvolvida com o fim previamente determinado de operar como aeronave de treinamento, a grande vantagem de aeronaves elétricas operando em aeroclubes é que enquanto a hora de voo de aeronaves com motores convencionais custa, no caso de um Piper115, R\$420,00 (Aeroclube de Bauru, 16/09/2016, tabela de preços disponível em: [www.aeroclubebauru.com.br/cursos/tabela-de-precos/](http://www.aeroclubebauru.com.br/cursos/tabela-de-precos/)), considerando que essa aeronave consome 34L/h, e que o preço da gasolina de aviação custa algo em torno de R\$6,00 o litro, o valor de combustível é algo em torno de R\$204,00, fazendo uma estimativa, o valor da hora de voo para uma aeronave elétrica equivalente custaria algo em torno de R\$230,00, sendo aproximadamente R\$5,00 de “abastecimento”.

## CONCLUSÕES

Tendo em vista os aspectos comparados entre os motores a combustão interna e os elétricos, é clara a tendência da substituição dos motores das aeronaves de pequeno porte por elétricos nas próximas décadas. Ainda não chegou o momento da grande mudança energética da aviação, porém este momento não está distante, provavelmente os próximos 10 anos serão um período de experimentação e transição de plataforma energética para a aviação.

A manutenção também sofrerá um impacto e necessitará se adaptar a uma nova realidade que será o resultado desta transição dos motores a combustão interna para os motores elétricos.

## REFERÊNCIAS

EADS. **E-fan**: Technology Demonstrator of an Electrically-Powered, All-Composite General Aviation Training Aircraft. 12p. jun. 2013.

MOORE, M. D. **Distributed Electric Propulsion ( DEP ) Aircraft Near-Term Electric Propulsion Evolution Strategy**. nov. 2012. 24p. NASA Langley Research Center.

WEG. **Manual de Motores Elétricos de Corrente Alternada**. 2016. 11p.