

## INTERAÇÕES DA CARGA ELETROSTÁTICA EM AERONAVES

Guilherme N. Batista<sup>1</sup>, Fabriciu Alarcão Veiga Benini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Tecnologia de Manutenção de Aeronaves, IFSP, Câmpus São Carlos, guinicol@gmail.com.

<sup>2</sup>Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico, área da indústria, IFSP, Câmpus São Carlos, benini@ifsp.edu.br  
Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.12.04.00-7 Materiais e Processos para Engenharia Aeronáutica e Aeroespacial

**RESUMO:** No ramo da aviação a busca por materiais que possam tornar a aeronave mais leve e resistente é sempre constante. A descoberta dos materiais que chamamos de compósitos se tornou um marco na história da aviação devido ao fato de serem leves e resistentes. Entretanto sua condução de energia elétrica e carga estática é inferior aos metais tradicionalmente empregados. A aeronave está sujeita a vários tipos de descargas eletrostáticas, tal como raio, além do acúmulo de carga estática na fuselagem devido ao atrito com o ar, não se limitando somente a essas interações com a parte externa da aeronave, é preciso levar em consideração os fenômenos que acontecem devido aos sistemas elétricos e eletroeletrônicos no seu interior, para garantir a segurança contra todos esses efeitos há a existência de técnicas para a dissipação dessa energia. Este trabalho visa o estudo sobre as interações da energia elétrica e estática com a fuselagem das aeronaves e seus sistemas elétricos e eletrônicos para compreensão dos métodos de dissipação e condução dessa energia, através da pesquisa em livros, artigos e documentos das agências responsáveis pela aviação civil em diferentes países, tendo como resultado esperado a compreensão e a união dos meios de dissipação em um único trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** dissipação de carga estática; compósitos; aeronaves.

## ELECTROSTATIC CHARGE INTERACTION IN AIRCRAFTS

**ABSTRACT:** In the aviation industry, the search for materials that can make the aircraft lighter and more resistant is always constant. The discovery of materials we call composite became a milestone in aviation history due to the fact that they're light and resistant. However, their conduction of electric and static energy is inferior to the materials that are traditionally used in the fuselage. The aircraft is subject to different kind of electrostatic discharge, such as lightning, in addition to the static charge that accumulates on the fuselage of the aircraft due to the friction with the air, not being limited to these interactions with the outside of the aircraft, it's necessary to consider the phenomena that happen because of electrical and electronic systems inside of the aircraft, to ensure safety against all these effects, there are techniques for dissipating this energy and static charge. The object of this work is studying the interactions of the electrical energy and static charge with the aircraft fuselage and it's electrical and electronic systems to understand the methods of dissipating and conducting this energy through books, articles, and documents of the agencies responsible for aviation civil society in different countries, having the expected result the comprehension and the unity of those methods in a single work.

**KEYWORDS:** dissipation of static charge; composites; aircraft.

## INTRODUÇÃO

A eletricidade é um fenômeno complexo e abrangente, nesse meio pode-se destacar a eletrostática, sendo conhecida pela presença de cargas elétricas que usualmente estão paradas.

Conforme Larsson (2002) as interações da fuselagem de um avião com descarga eletrostática direta, sendo esta um raio, é algo que sempre deve estar incluso em seu projeto quando considerados segurança da operação, onde os materiais utilizados em específicos locais da fuselagem tem uma enorme importância para a sua condução e dissipação. Devido a necessidade de uma operação segura, além dos materiais utilizados na sua estrutura, foram desenvolvidos vários métodos pelas indústrias aeronáuticas que ajudam na condução dessa carga.

Entretanto, as interações dessas cargas não se limitam somente ao voo mas continuam após o seu pouso, podendo causar acidentes durante procedimentos em solo, tornando necessários vários cuidados para as pessoas que trabalham com o reabastecimento da aeronave e até podendo apresentar riscos para os mecânicos de aeronaves.

Devido ao avanço da tecnologia e ganho de espaço dos materiais compósitos que são mais resistentes em vários aspectos e mais leves que os metais comumente utilizados na indústria aeronáutica, a proteção contra descargas eletrostáticas acaba por se tornar algo mais crítico no projeto da aeronave devida à sua capacidade inferior de condução e dissipação de carga eletrostática.

Este trabalho tem como objetivo evidenciar a importância das técnicas atuais utilizadas para a dissipação das cargas eletrostáticas e a possível obsolescência das mesmas devido ao avanço das pesquisas no setor de nanocompósitos condutores.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa realizada é descritiva, visto que há a análise dos fenômenos físicos existentes, procurando detalhar e analisar as interações, os meios de dissipação e condução das interações da energia elétrica e eletrostática com a fuselagem da aeronave.

Para alcançar os objetivos proposto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, através de periódicos, livros e artigos já existentes a respeito do assunto.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

De acordo com o *Electrostatic Discharge Control Handbook for Protection of Electrical Parts, Assemblies and Equipments* (1994), a carga estática tem origem através de dois fenômenos:

- 1 - A movimentação de elétrons, através da indução, que migram dentro de um corpo e por fim resulta em uma polarização, independentemente do corpo ter carga ou não.
- 2 - A transferência de elétrons de um corpo para o outro através da condução por contato, resultando em uma carga positiva ou negativa.
- 3 - A transferência de cargas em diferentes corpos através da fricção, o atrito entre dois corpos.

O efeito triboelétrico é muito comum nas aeronaves, principalmente através da fricção do ar na fuselagem do avião, pois ele consiste na movimentação ou transferência de elétrons entre corpos, sejam estes carregados ou não. A grandeza da carga varia de acordo com o tamanho, forma do corpo e das propriedades elétricas envolvidas na composição dos materiais. Suas variáveis se aplicam também na pressão de contato e velocidade de fricção que os corpos estão submetidos. No meio aeronáutico a carga eletrostática gerada pelo efeito triboelétrico é grande devido ao atrito da fuselagem da aeronave com o ar em uma velocidade elevada, usualmente as aeronaves comerciais voam acima de 850 km/h em cruzeiro, mas nem sempre foi assim, as primeiras aeronaves eram de madeira e o motor não tão potente como os atuais.

A madeira por ser um material isolante, não acumula nenhum tipo de carga elétrica, entretanto devido a vários fatores como peso da madeira e necessidade de uma maior proteção da aeronave e de seus componentes elétricos e eletrônicos que surgiram com o avanço da tecnologia, se tornou obsoleto e substituído pelo alumínio e outros metais que logo perderam espaço para os materiais compósitos.

Conforme Larsson (2002), pode-se esperar que uma aeronave seja atingida por um raio entre 1000 horas a 10000 horas de voo, que é aproximadamente uma vez por ano para aeronaves comerciais, entretanto, não se espera que uma aeronave sofra algum tipo de dano crítico devido aos métodos que já são utilizados pela indústria aeronáutica para a condução e dissipação dessa carga que a aeronave acaba sendo submetida. De acordo com Sweers et al. (2012), é esperado que os locais com maior

probabilidade de serem atingidos por um raio sejam o nariz da aeronave, fuselagem frontal, nacele, empenagem e a ponta da asa, sendo estes os locais que os raios são atraídos e sua carga é dissipada novamente para a atmosfera, onde há uma grande importância do princípio da Gaiola de Faraday para proporcionar uma melhor distribuição, proteção do interior da aeronave e condução dessas cargas ao longo da fuselagem.

A Gaiola de Faraday consiste em proporcionar um caminho condutor através dos materiais que tenham uma alta condução de carga eletrostática, tal como alumínio, um material comumente utilizado nas fuselagens das aeronaves. Apesar de ser utilizado nas aeronaves, atualmente é muito comum a substituição desses materiais pelos compósitos por serem mais leves e resistentes do que o alumínio. Entretanto, de acordo com Tooley e Wyatt (2009) sua capacidade de condução e dissipação de energia elétrica/eletrostática inferior ao alumínio acaba se tornando um empecilho devido a redução da Gaiola de Faraday natural presente nas estruturas metálicas, sendo necessário a utilização de técnicas de modo a proporcionar uma maior segurança contra descargas eletrostáticas.

Um grande exemplo da substituição dos materiais metálicos nas aeronaves é o Boeing 787 que nos foi apresentado em 2007, de acordo com Hale (2006) utilizando aproximadamente 50% de materiais compósitos, em comparação ao Boeing 777 apresentado em 2000, segundo Lu (2010) utilizando apenas 12% de compósitos em sua estrutura.

Dentre os danos que uma descarga eletrostática pode causar, é possível afirmar que entre eles, o mais crítico é no tanque de combustível e no seu sistema eletrônico. Além de que, quando não ocorre uma proteção devida, os relâmpagos que atingem a aeronave irão procurar o caminho de menor resistência elétrica. Ao longo desse caminho, de imediato é possível que ocorra vaporização na área de ataque inicial, tendo em vista que a fuselagem é composta de diferentes materiais, ocasionando também a queima de laminado para materiais compósitos. Todavia, atualmente são utilizadas pequenas malhas metálicas (*metal mesh*) nas camadas dos materiais compósitos, tais como cobre e alumínio com o intuito de proporcionar uma melhor condutividade eletrostática. O alumínio seria o melhor metal a ser utilizado devido ao seu baixo peso e com baixa resistividade, além de ser mais barato do que o cobre.

Além das camadas metálicas, há outras técnicas para a dissipação dessa carga eletrostática, tais como a utilização de dissipadores eletrostáticos, conhecidos como *Static Wicks*. Os descarregadores estáticos geralmente são localizados nas asas de aeronaves. O propósito desse material é criar um caminho condutor para a descarga do excesso de elétrons que a aeronave acumula durante o voo de volta para a atmosfera, pois é preciso evitar qualquer tipo de interferência com os sistemas eletrônicos. Devido a grande carga que flui através dos *static wicks* acaba por se tornar muito comum encontrar danos neste material durante as inspeções realizadas pelos mecânicos, a Figura 1 representa os *static wicks* em aeronaves.

FIGURA 1. Static wicks nas aeronaves.



FONTE: Tooley e Wyatt ( 2009 ).

Ainda há a presença de outras técnicas conhecidas como metalização elétrica (do inglês, *bonding*), aterramento (do inglês, *grounding*) e tratamento superficial (do inglês, *surface coating*) que são utilizadas a fim de proporcionar uma melhor segurança da operação, condução e dissipação de carga eletrostática.

A importância da metalização elétrica das aeronaves se dá devido ao acúmulo de carga estática ao longo do voo da aeronave. Além de já existir uma diferença de potencial ao longo da superfície da aeronave devido a diferença de materiais utilizados na fuselagem. Se a diferença de resistência entre as superfícies metálicas isoladas forem grande demais, pode haver o acúmulo de carga estática, tal diferença de potencial pode levar a centelhas, que é um grande risco para a aeronave, independentemente do local que aconteça, além de gerar interferência nos sistemas eletrônicos.

Bonding consiste na conexão elétrica de dois ou mais materiais condutores que não estão adequadamente conectados, na fuselagem das aeronaves é muito comum devido a diferentes tipos de materiais utilizados. Segundo Tooley e Wyatt (2009) os principais tipos de *bonding* são conhecidos como *Equipment Bonding*, *Metallic Surface Bonding* e *Static Bonding*. Dentre os três acima o que necessita destaque é o *Metallic Surface Bonding* que consiste na proteção contra descargas eletrostáticas como raio e cargas estáticas acumuladas na fuselagem. A técnica consiste na conexão elétrica da fuselagem de uma aeronave através de juntas mecânicas, dobradiças condutoras e metais de conexão com cabos com o intuito de conectar diferentes partes metálicas da aeronave para torná-las equipotencial.

## CONCLUSÕES

Em virtude dos fatos mencionados é possível concluir que as técnicas atuais fornecidas pelas indústrias aeronáuticas previnem a aeronave de danos que possam acarretar em alguma fatalidade, entretanto, há ainda existência de danos provenientes de descargas eletrostáticas e da carga estática que é acumulada na aeronave durante o seu voo.

Devido ao ganho de espaço dos materiais compósitos nas estruturas da aeronave, ocorreu uma diminuição da condução e dissipação das cargas eletrostáticas, tornando a proteção contra este fenômeno algo mais crítico nos projetos das aeronaves. Devido aos danos não se limitarem somente a fuselagem, mas também aos componentes eletrônicos da aeronave, as pesquisas na última década relacionadas a compósitos conseguiram contornar essa dificuldade com as técnicas utilizadas.

Todavia, é possível afirmar que com o avanço da tecnologia e ganho de espaço dos compósitos, as pesquisas já existentes apesar de serem menores no setor de nanocompósitos condutores abram um caminho para o surgimento de novos meios, técnicas e possivelmente novas estruturas, além de que as técnicas atualmente conhecidas para a dissipação desta carga se tornem obsoletas.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus. Agradeço a minha família que me apoia e ao meu orientador Prof. Benini.

## REFERÊNCIAS

**Electrostatic Discharge Control Handbook for Protection of Electrical Parts, Assemblies and Equipments** (excluding electrically initiated explosive devices) (metric); July/94. Disponível em: <[https://elsmar.com/pdf\\_files/MII-Handbook-263B-ESD.pdf](https://elsmar.com/pdf_files/MII-Handbook-263B-ESD.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2020.

HALE, Justin. Boeing 787 From the Ground Up. **Aero Magazine**, Seattle, p.17-23, 2006. Disponível em:<[https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr\\_4\\_06](https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_4_06)>. Acesso em: 20 jul. 2020.

LARSSON, Anders. The interaction between a lightning flash and an aircraft in flight. **Comptes Rendus Physique**, Tumba, v.3, n.10, p.1423-1444, dez. 2002. Elsevier BV. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S163107050201410X?via=ihub>>. Acesso em: 15 jul.2020.

LU, Benjamin. The Boeing 787 Dreamliner: Designing an Aircraft for the Future. **The Journal of Young Investigator**: Innovation in Scientific Writing, Publishing and Peer-Review For Undergraduates, [s. 1], 6 ago. 2010. Disponível em:<https://www.jyi.org/2010-august/2010/8/6/the-boeing-787-dreamliner-designing-an-aircraft-for-the-future>. Acesso em: 26. jul. 2020.

SWEERS, Greg; BIRCH, Bruce; GOKCEN, John. Lightning Strikes: Protection, Inspection and Repair. **Aero Magazine**, Seattle, p.19-28, 07 dez.2012. Disponível em:<[https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2012\\_q4/](https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2012_q4/)>. Acesso em: 02 jan. 2020.

TOOLEY, MIKE; WYATT, DAVID. **Aircraft Electrical And Electronic Systems: Principles, Maintenance And Operation**. 1. ed. Abingdon: Butterworth-Heinemman, 2011. 401 p. v. 1. ISBN 978-0-7506-8695-2.