



**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNA
CURSO DE TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO DE AERONAVES**

ANDERSON FLAMAREON

BRUNO FERNANDO

DANIEL FILIPE

ELIAS JUNIO

LUIZ GUSTAVO

MACKSON BATISTA

VICTOR SOARES

De-ice e Anti-ice

Sistema Termoelétrico

Belo Horizonte

2016

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNA

ANDERSON FLAMAREON

BRUNO FERNANDO

DANIEL FILIPE

ELIAS JUNIO

LUIZ GUSTAVO

MACKSON BATISTA

VICTOR SOARES

SISTEMA TERMOELÉTRICO

Projeto aplicado apresentado como requisito de avaliação do curso de manutenção de aeronaves do Centro Universitário UNA para avaliação.

Professor orientador: Carlos Francisco Oliveira Sousa

Belo Horizonte

2016

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Orientador, Carlos Francisco Oliveira Sousa braço amigo de todas as etapas deste trabalho.

Ao professor Renato Inácio Muller e colegas de Curso, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas.

Aos profissionais entrevistados, Cabo Aguiar da PMMG e aos Sargentos Juan e Everaldo, ambos da FAB pela concessão de informações valiosas para a realização deste estudo.

A todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

Ao coordenador do curso de manutenção de aeronaves Daniel e ao NSI do Campus Linha Verde.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	4
1.1	Objetivo.....	4
1.2	Problema.....	4
2	Referencial teórico.....	5
2.1	Método utilizado.....	5
2.2	Efeitos do gelo.....	5
2.3	Prevenção contra a formação de gelo.....	6
2.4	Térmicos de ar quente.....	7
2.5	Expulsão pneumática.....	8
2.6	Proteção por fluído.....	9
2.7	Efeito termoelétrico.....	9
2.8	Como funciona uma resistência elétrica.....	11
2.9	Principais tipos.....	11
3	Composição do sistema.....	12
4	Pesquisa de campo.....	14
4.1	Realizada na PMMG.....	15
4.2	Realizada na Força Aérea Brasileira.....	19
5	Prototipagem.....	21
5.1	Estrutura da asa.....	22
5.1.1	Nervuras.....	22
5.1.2	Longarinas.....	23
5.2	Revestimentos.....	24
5.3	Sistemas elétricos.....	25
5.3.1	Lâmpadas halógenas.....	25
5.3.2	Circuito elétrico.....	26
5.4	Chave.....	26
6	Considerações finais.....	27
7	Bibliografia.....	28

1. Introdução

Pesquisas realizadas pelo grupo que anteciparam o desenvolvimento desse trabalho revelaram que a formação de gelo sobre antenas, motores, hélices, sondas, sensores (Tubo de Pitot) ou nas superfícies de sustentação como, asas e empenagens também é considerado um causador de acidentes em aeronaves como, por exemplo, causar falsas leituras nos instrumentos, diminuição da sustentação, aumento de peso, arrasto, e sem falar na perda de manobrabilidade da aeronave afetando diretamente a integridade da mesma, bem como da tripulação e dos passageiros a bordo.

Esse gelo prejudicial pode ser formado sobre a aeronave em solo ou em voo devido as baixas temperaturas somada a uma umidade relativa do ar elevada e pensando nisso foi criado um sistema para se evitar ou minimizar os riscos de acidentes. Esses sistemas de prevenções são conhecidos como “*Anti-Ice*” (operado por sistemas térmicos ou eletrotérmicos continuamente) ou sistemas corretivos para degelar o gelo já existente “*De-Ice*” (operado por sistema pneumático ou eletrotérmicos ciclicamente). Paralelo a isso, vale ressaltar que uma aeronave em solo tomada por gelo em sua extensão, deve se usar geralmente em seu pré-voo uma mistura de Propileno Glycol e água aquecida na qual é aplicada sobre a aeronave removendo todo esse gelo nocivo, sendo aplicada em seguida uma solução de “*Anti-Ice*” para aumentar ainda mais a proteção contra formação de gelo durante o voo, auxiliando os sistemas de prevenção já existente em cada aeronave, sejam elas para asas fixas ou rotativas.

1.1 Objetivo

Entender como estes sistemas térmicos funcionam e analisar os diferentes sistemas presentes na aeronave os comparando ao principal tema abordado, que é a sistema térmico de antigelo. Contudo, serão abordados os sistemas térmicos presentes nas aeronaves que atuam prevenindo e combatendo a formação de gelo em áreas críticas da aeronave, que possa afetar sua performance e controlabilidade.

1.2 Problema

Quais as vantagens do sistema elétrico nos aerofólios aeronaves?

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Método Utilizado

Chuva, neve e gelo são velhos inimigos dos transportes. Em voo, é adicionada uma nova dimensão, particularmente com respeito ao gelo. Sob certas condições atmosféricas, o gelo pode formar-se rapidamente nos aerofólios e entradas.

Os dois tipos de gelo encontrados durante o voo são: o gelo opaco e o vítreo. O gelo opaco forma uma superfície áspera nos bordos de ataque da aeronave, porque a temperatura do ar é muito baixa e congela a água antes que ela tenha tempo de espalhar-se. O gelo vítreo forma uma camada lisa e espessa sobre os bordos de ataque da aeronave. Quando a temperatura está ligeiramente abaixo do ponto de congelamento, a água tem mais tempo para fluir antes de congelar-se.

Deve ser esperada a formação de gelo, sempre que houver umidade visível no ar, e a temperatura estiver próxima ou abaixo do ponto de congelamento. Uma exceção é o congelamento no carburador que pode ocorrer durante o tempo quente sem a presença visível de umidade. Se for permitido o acúmulo de gelo no bordo de ataque das asas e da empenagem, ele irá destruir as características de sustentação do aerofólio. O acúmulo de gelo ou chuva no para-brisa, interfere na visibilidade.

2.2 Efeitos do gelo

Gelo acumulado em uma aeronave afeta a sua performance e a sua eficiência de várias maneiras. A formação de gelo aumenta a resistência ao avanço (arrasto) e reduz a sustentação. Ele causa vibrações destrutivas e dificulta a leitura verdadeira dos instrumentos. As superfícies de controle ficam desbalanceadas ou congeladas. As fendas (slots) fixas são preenchidas e as móveis emperradas. A recepção de rádio é prejudicada e o desempenho do motor é afetado.

Os métodos usados para evitar a formação de gelo (antigelo) ou para eliminar o gelo que foi formado (degelo) variam com o tipo de aeronave e com o modelo.

2.3 Prevenção contra a formação de gelo

Vários meios de evitar ou controlar a formação de gelo são usados hoje em dia em aeronaves:

1. Aquecimento das superfícies usando ar quente;
2. Aquecimento por elementos elétricos;
3. Remoção da formação de gelo, feito normalmente por câmaras infláveis (boots);
4. Álcool pulverizado.

Uma superfície pode ser protegida contra a formação de gelo; ou mantendo a superfície seca pelo aquecimento, para uma temperatura que evapore a água próxima à colisão com a superfície; ou pelo aquecimento da superfície, o suficiente para evitar o congelamento, mantendo-a constantemente seca; ou ainda sendo a superfície degelada, após permitir a formação do gelo e removê-lo em seguida.

Sistemas de eliminação ou prevenção contra o gelo, asseguram a segurança do voo quando existir uma condição de congelamento.

O gelo pode ser controlado na estrutura da aeronave pelos seguintes métodos:

Localização do gelo	Método de controle
1. Bordos de ataque das asas.	Pneumático e térmico
2. Bordos de ataque dos estabilizadores vertical e horizontal.	Pneumático e térmico
3. Para-brisas, janelas e cúpulas de radar.	Elétrico e álcool
4. Aquecedores e entradas de ar do motor.	Elétrico
5. Transmissor de aviso de stol	Elétrico
6. Tubos de pitot	Elétrico
7. Controles de voo	Pneumático e térmico
8. Bordo de ataque das pás da hélice	Elétrico e álcool
9. Carburadores	Térmico e álcool
10. Drenos dos lavatórios	Elétrico

Método Utilizado

Para fins deste trabalho, considerando a variedade de sistemas, serão citados apenas os tipos de sistemas mais utilizados para a proteção de asas e empenagens. São estes sistemas: Térmicos de Ar Quente, Expulsão Pneumática e Proteção por fluido.

2.4 Térmicos de Ar Quente

Estes sistemas transferem calor à superfície protegida utilizando ar quente sangrado dos compressores dos motores. O tipo mais comum utiliza jatos de ar quente impingentes e é o tipo mais utilizado em asas, empenagens e entrada de ar de motores dos aviões civis de médio e grande porte. Existem diversos métodos usados para fornecer ar aquecido. Neles estão incluídos a sangria do ar quente vindo do compressor de um motor a turbina, ar aquecido por trocadores de calor do escapamento do motor, e ar de impacto aquecido por combustão.

Em instalações onde a proteção está prevista pela prevenção da formação de gelo, o ar aquecido é suprido continuamente para o bordo de ataque durante o tempo em que o sistema de antigelo esteja ligado. Quando um sistema está destinado para degelar bordos de ataque, muitos aquecedores de ar são supridos por pequenos períodos em um sistema cíclico.

O sistema incorporado em algumas aeronaves inclui um controle automático de temperatura. A temperatura é mantida dentro de uma gama predeterminada pela mistura do ar aquecido com o ar frio. Um sistema de válvulas está previsto em algumas instalações, para possibilitar, certas partes do sistema de antigelo, de serem desligadas.

No caso de falha de um motor essas válvulas também permitem suprimento para o sistema completo de antigelo, com o ar aquecido vindo de um, ou mais, dos motores remanescentes. Em outras instalações, as válvulas estão dispostas de tal modo que, quando uma porção crítica da asa estiver sendo degelada, o ar aquecido possa ser desviado para uma área menos crítica a fim de eliminar o gelo ali formado. Também, em condições de gelo anormais, o total fluxo de ar pode ser dirigido para as áreas mais críticas.

2.5 Expulsão Pneumática

Estes sistemas removem o gelo mecanicamente através da deformação de uma camada de material elástico (“pneumatic boots”) que cobre o bordo de ataque; o sistema permite a formação de uma camada fina de gelo e atua ciclicamente quebrando o gelo acumulado por deformação da superfície de material elástico devido ao insuflamento de ar comprimido; o sistema é utilizado em aviões comerciais e turbo hélice.

Os sistemas pneumáticos de degelo usam degeladores de borracha chamados de polainas ou botas, presos ao bordo de ataque das asas e dos estabilizadores. Os degeladores são compostos por uma série de tubos infláveis. Durante a operação os tubos são inflados com ar pressurizado, e desinflados por um ciclo alternado, como é mostrado na Figura 7-2. Inflação e a deflação causam a ruptura e quebra do gelo, que é, então, removido pelo fluxo de ar.

Os tubos de degelo são inflados por uma bomba girada pelo motor (bomba de vácuo), ou pelo ar sangrado do compressor de um motor a turbina de gás. A sequência de inflação é controlada, tanto por uma válvula distribuidora localizada em uma posição central, como por válvulas operadas por solenoide, localizadas próximo as entradas de ar do degelo.

Os degeladores são instalados em seções ao longo da asa, com as diferentes seções operando alternadamente e simetricamente ao redor da fuselagem. Isto é feito para que algum distúrbio do fluxo de ar, causado pela inflação de um tubo, seja mantido a um mínimo de inflação, somente em pequenas seções de cada asa, de cada vez.

Um sistema típico de degelo pneumático dos bordos de ataque é constituído por:

- Bomba de ar girada pelo motor.
- Válvula de segurança.
- Separador de óleo.
- Válvula de regulagem de sucção.

- Válvula seletora a solenoide.
- Controle automático de tempo.

2.6 Proteção por fluido

O sistema opera com base no princípio de que a superfície que deve ser protegida é revestida com um fluido a base de glicol que atua como um anticongelante para evitar a acumulação de gelo. O sistema pode ser utilizado num modo de *De-ice* ou *Anti-ice*. O fluido é distribuído sobre a superfície por bombeamento através de liderança poros nos painéis da borda feita de uma malha de arame de aço ou folha de titânio perfurada a laser. Um sistema típico é composto por um reservatório de fluido, filtros de sucção e de pressão e um número de unidades de dosagem do fluxo total da bomba para satisfazer os requisitos das diferentes protegidas superfícies. Este tipo de sistema é relativamente simples e usa tecnologia bem estabelecida com um baixo risco técnica, no entanto, o peso do fluido é uma desvantagem para esse sistema.

A geração atual de aviões utiliza para o sistema de proteção contra gelo nos para-brisas a Resistências elétricas entre as lâminas do material da janela. O para-brisas, assim como alguns componentes da aeronave não suportam valores de temperatura elevados durante a utilização do sistema de proteção contra a formação de gelo. Sendo assim, faz-se necessário incorporar ao sistema um subsistema de monitoramento de temperatura. Assim os tipos de limpadores de para-brisas podem ser elétricos, hidráulicos ou pneumáticos.

2.7 Efeito Termoelétrico

O efeito termoelétrico é a produção de uma tensão elétrica a partir de um gradiente de temperaturas. Isto é, ao submetermos dois lados de um aparelho termoelétrico a temperaturas diferentes, ele gera uma tensão elétrica, e vice-versa, pois o efeito termoelétrico é reversível. Quando é aplicado um gradiente de temperaturas a um material ou aparelho termoelétrico, os elétrons tendem a migrar para o lado menos quente, enquanto os prótons fluem para o lado mais quente, criando assim uma diferença de potencial elétrico. Existem três tipos distintos de efeitos termoelétricos: efeito Seebeck, efeito Peltier e efeito Thomson.

O efeito Seebeck foi o primeiro dos três a ser identificado, em 1821, pelo físico alemão Thomas Johann Seebeck, e refere-se à conversão direta de calor em energia elétrica. Seebeck demonstrou que aquecendo a junção entre dois condutores elétricos (termopar), ao ligar os outros terminais dos fios a um aparelho de medição, é possível registrar uma pequena tensão elétrica.

O efeito Peltier foi descoberto em 1834 por Jean Peltier, um relojoeiro francês. O efeito Peltier é uma transferência de calor entre os dois lados do termopar quando este é sujeito a uma corrente elétrica. O efeito Peltier é particularmente difícil de demonstrar em condutores metálicos, devido ao efeito de Joule.

O último dos efeitos foi descoberto em 1851 por William Thomson, mais tarde nobilitado Lord Kelvin. Descreve a absorção ou emissão de calor que ocorre num condutor homogêneo sujeito a um gradiente de temperatura, quando este é submetido a uma corrente elétrica. Thomson demonstrou também que existe uma relação entre os coeficientes de Seebeck e Peltier.

O trabalho de Thomson indicou também que a utilização de um termopar para gerar energia elétrica a partir de um gradiente de temperaturas, ou enquanto bomba de calor ou frigorífico, seria um processo tipicamente ineficiente devido ao efeito de Joule e à transmissão de calor por condução.

Os três tipos de efeitos termoelétricos utilizam-se do calor e hoje são mais aplicados como resistência elétrica.

Existem diversos tipos de resistência elétrica. Elas são usadas em diferentes aplicações e possui uma grande importância, sobretudo nos eletrodomésticos. Algumas apenas geram calor e outras transformam a energia elétrica em luz, como ocorre em algumas lâmpadas incandescentes. Uma boa escolha garante o perfeito funcionamento do produto, principalmente porque a tecnologia empregada na resistência elétrica permite um bom aproveitamento, com o menor custo para a produção. As resistências são usadas, principalmente em aparelhos que efetuam a mudança de energia elétrica para energia térmica, como ferro elétrico, forno elétrico, chuveiro, lâmpada e outros. O uso de uma resistência elétrica aumenta a vida útil dos produtos, além de “protegerem” de estragos quanto a quedas de luz. Nesses casos, a resistência “queima” no

lugar do produto e é necessário trocá-la. Na maioria dos casos elas podem ser trocadas por pessoas sem muito conhecimento em elétrica, já que elas são vendidas separadamente, já para serem feitas as trocas. A importância da resistência se deu no desenvolvimento de vários desses produtos, que como o nome diz, resistem a oscilações e grandes quantidades de energia elétrica.

2.8 Como funciona uma resistência elétrica

Cada uma das resistências possuem duas cargas, uma positiva e outra negativa, geralmente divididas em fios, que devem obrigatoriamente seguir por locais diferentes, pois caso as extremidades se encontrem podem deixar de funcionar devido ao curto. Os curtos acontecem quando o sistema recebe mais energia que consegue suportar ou quando as duas extremidades, positiva e negativa se encontram. Quando ocorre um curto o sistema de segurança para de funcionar, e por essa razão a resistência elétrica é tão importante. Ela consegue suportar a carga extra tanto negativa quanto positiva, fazendo com que as cargas não se encontrem, dessa forma impedem o curto. A energia que “sobra” é transformada em calor e por isso as resistências são usadas nos fornos, por exemplo. Elas são capazes de gerar o calor que faz com que os alimentos são assados ou que aquece a água dos chuveiros.

2.9 Principais tipos

Existem resistências de diversas formas e usabilidades, com características ideais para um tipo de fim. Algumas são utilizadas somente no ramo industrial, por terem diferentes funcionalidades. Como as resistências em mola, as mais comuns, são feitas geralmente de materiais como o cobre ou aço. As do tipo cartucho, usadas principalmente em estampas de metal por sua maior durabilidade, em funções para aquecer, moldar ou prensar outros materiais. Há também as resistências tipo coleira, que possuem um formato de anel. Elas podem ser usadas em máquinas de injeção de plástico, de empacotamento, solda, corte ou para o aquecimento de líquidos. Outras resistências muito utilizadas são as planas em cerâmicas, produzidas com

tijolos cerâmicos e revertidos com chapa em aço. A resistência elétrica plana e é desenvolvida sob uma resistência tubular e é usada principalmente em máquinas em que pode haver contaminação com plásticos, borracha ou líquidos.

Mais especificamente falando sobre aeronaves, um dos métodos utilizado para evitar que o gelo se forme nas asas do avião, em geral é através deste efeito termoelétrico que, sobre aquece o bordo de ataque da asa, de forma que prejudique sua aerodinâmica, fazendo com que o acúmulo de gelo adicione peso à aeronave.

Esse tipo de sistema funciona de forma automática nas aeronaves, onde o acionamento está interligado a aeronave, e tende a mudar conforme o fabricante.

O sistema eletrotérmico utiliza circuitos resistivos enterrado na estrutura de célula para gerar calor quando é aplicada uma corrente. O calor pode ser gerado de forma contínua para proteger as aeronaves do contra o gelo, ou intermitentemente para eliminar gelo à medida que acumule em superfícies principais da asa. A operação de eliminação de gelo é geralmente mais utilizada devido ao menor consumo de energia, pois o sistema só precisa de derreter a camada de contato do gelo.

Como as asas, outros locais devem ser aquecidos, como as janelas. Com a finalidade de manter as áreas das janelas livres de gelo, geada, etc., são usados sistemas antigelo ou degelo. Alguns para-brisas são fabricados com painéis duplos, havendo um espaço entre eles que permite a circulação de ar aquecido entre as superfícies, para controlar a formação de gelo e de névoa. Outros utilizam limpadores mecânicos e fluido antigelo borrifado no para-brisas.

3. Composição do Sistema

O sistema eletrotérmico é constituído de uma fonte geradora de energia térmica por efeito Joule, ou seja, um resistor elétrico, um sistema de distribuição de energia e um sistema de controle. Tipicamente, a energia para este tipo de proteção anti-gelo vem de uma dessas duas fontes: extração do

sistema elétrico geral da aeronave ou um gerador elétrico o comum usado. Seu princípio de funcionamento é relativamente simples, se baseando na energia dissipada em um resistor que se difunde pelo próprio material empregado na fabricação da superfície a que se quer proteger. Embora este princípio seja o mesmo tanto para o anti-gelo quanto para o degelo, operacionalmente estas duas aplicações são bem diferentes. No anti-gelo necessita-se de menos energia em comparação ao degelo o que faz com que sistemas anti-gelo não sejam capazes de eliminar o gelo da superfície quando este já se formou. Já os sistemas de degelo eletrotérmico não ficam ligados o tempo todo, sendo requisitados apenas quando a grande quantidade de gelo já aderiu à superfície protegida, ou nas extremidades onde comumente a presença de gelo.

O sistema eletrotérmico utiliza circuitos resistivos enterrado na estrutura de célula para gerar calor quando é aplicada uma corrente. O calor pode ser gerado de forma contínua para proteger as aeronaves do anti-gelo, ou intermitentemente para lançar gelo à medida que acumule em superfícies principais degelo. A operação de eliminação degelo é geralmente preferida devido ao menor consumo de energia, pois o sistema só precisa derreter a camada de contato do gelo.

As aplicações deste tipo de sistema são muito amplas em aeronaves modernas tanto de pequeno quanto de grande porte. Entre as partes em que a proteção eletrotérmica é empregada, pode-se citar o bordo de ataque de asas e empenagens em aviões de pequeno e médio porte, para-brisas, antenas, hélices, entradas de ar dos motores, cone frontal.

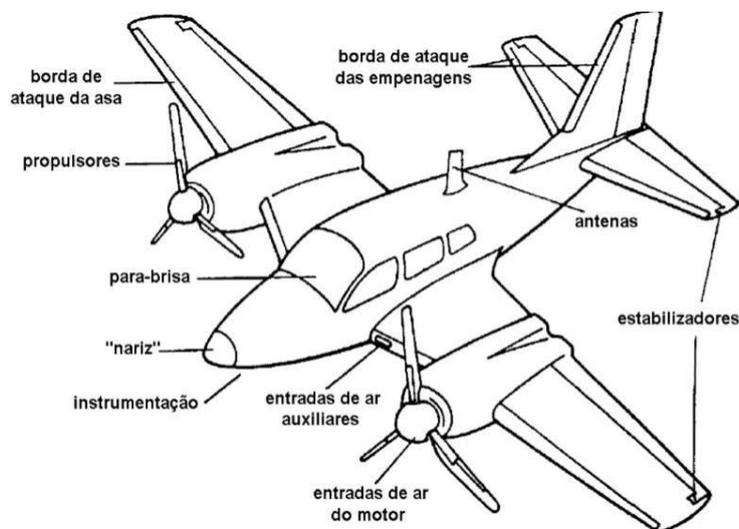
Em dispositivos que utilizam anti-gelo térmica elétrica, a corrente flui através de um elemento condutor integral que produz calor. A temperatura do componente é elevada acima do ponto de congelamento da água assim que o gelo não pode formar.

Vários esquemas são utilizados, tal como um fio de bobina enrolada externamente, cobertores ou fitas, assim como películas condutoras e aquecida juntas. Sondas de dados que se projetam para a corrente de ar ambiente são particularmente sensíveis à formação de gelo durante o voo. Um tubo de *pitot*, por exemplo, contém um elemento elétrico interno que é controlado por um interruptor no *cockpit*. Use a verificação cautelosa a função do calor do tubo de *pitot*, quando a aeronave estiver no chão. O tubo fica extremamente quente,

uma vez que deve manter o gelo a formação em altitude em temperaturas perto de -50°F a velocidades possivelmente mais de 500 milhas por hora. Existem circuitos de calor sonda simples em aeronaves com um interruptor e um interruptor de circuito para ativar e proteger o dispositivo. Aeronaves avançadas podem ter circuitos mais complexos em que o controle é feito por computador e aquecedores elétricos térmicos são ativados automaticamente.



Uma hélice com um sistema de gelo de eletrotérmico (en. wikipedia.org)



Locais propícios a formação de gelo (www.teste.usp.br)

4. Pesquisa de Campo

A pesquisa de campo foi realizada nos seguintes locais:
Hangar da Polícia Militar de Minas Gerais (PMMG), na data do dia 17 de maio

de 2016, entre 14 horas às 15 horas, onde localiza-se na Avenida dos Hangares, nº 50 bairros Itapoá, na cidade de Belo Horizonte.

Foi entrevistado o Cabo Israel Candido de Aguiar, em dia de serviço forneceu um período do seu trabalho para enriquecimento do trabalho de busca de informações de profissionais aptos a esclarecer dúvidas e promover informações.

O profissional Israel Candido de Aguiar possuía carteiras de manutenção nas seguintes modalidades:

- GMP;
- CEL;
- AVI.

Na Força Aérea Brasileira (PAMA-LS), no dia 25 de maio de 2016, entre 10 horas as 11:30 horas, unidade militar localizada na Av. Brigadeiro Eduardo Gomes, Vila Asas, Lagoa Santa – MG.

Foi entrevistado o 1º Sgt BMA Juan Martins Nunes, forneceu um período do seu trabalho para enriquecimento do trabalho de busca de informações de profissionais aptos a esclarecer dúvidas e promover informações.

4.1 Policia Militar De Minas Gerais sistema elétrico.

A seguir um questionário composto de 07(sete) questões sobre o sistema elétrico de proteção "Anti-ice" e "De-Ice", detalhando o funcionamento e manutenção deste sistema na PMMG e aviação civil.

1. Quais aeronaves a PMMG utilizam atualmente?

Resposta: Atualmente temos em uso 03 helicópteros e 04 aviões, sendo eles:

- *Eurocopter*, modelos AS350 B2 e B3 (esquilos);
- *Bell*, modelo Jet Ranger 3;
- *Cessna*, modelo 182;
- *King Air*, modelo C90;
- Carajá, modelo EMB 821;
- Corisco, modelo EMB 711.



Eurocopter, AS 350 B2 (Anderson Flamareon, maio/2016).



Bell, Jet Ranger 3 (Anderson Flamareon, maio/2016).



Corisco 711 (Anderson Flamareon, maio/2016).



King Air C90 (Anderson Flamareon, maio/2016).



Cessna 182 (Anderson Flamareon, maio/2016).



Carajá EMB 821 (Anderson Flamareon, maio/2016).

2. O *De-ice* e *Anti-ice* do bordo de ataque do rotor dos helicópteros da PMMG são aquecidos por um sistema elétrico e qual é a eficiência numa devida situação?

Resposta: O tipo de “*De-ice*” e “*Anti-ice*”, não são usados devido uns dos fatores principais e a não necessidade pelo fato dos helicópteros voarem em baixas altitudes o que não exige ou não traz aplicabilidade do sistema elétrico.

3. No hangar, existe alguma outra aeronave que possui um sistema mais eficiente do que o sistema elétrico? Se sim qual é o tipo de sistema?

Respostas: O King Air utiliza o sistema pneumático, mas é similar ao elétrico em efetividade.

4. São feitos testes em solo após a manutenção no sistema para verificar o funcionamento (aquecimento) do mesmo? Como são realizados os testes?

Respostas: O teste que a PMMG realiza, é no tudo de pitot, onde seu teste é feito por acionamento do “*Puch Boton*” no painel da aeronave e verificando se há aquecimento no pitot.

5. Por sofrer mudanças rápidas de temperaturas, o revestimento do bordo de ataque tem uma resistência maior do que ao longo da estrutura? Qual material utilizado?

Respostas: As aeronaves em operação utilizam somente o sistema “*De-ice*” por (dreno de ar do motor).

6. Já ocorreu algum fato catastrófico com alguma aeronave da PMMG, que envolvesse gelo ou pane do sistema existente?

Respostas: Até a data de hoje, não se teve nem um fato apresentado, com relação à formação de gelo ou de pane.

7. No caso de uma pesquisa de pane no sistema elétrico de “*De-ice*” e “*Anti-ice*”, quais os procedimentos que devem ser tomados em relação a tal situação?

Respostas: Primeiro verifica-se se o sistema possui continuidade na alimentação elétrica. Depois observa se possui algum rompimento no bordo de ataque no boot.

4.2 Força Aérea (PAMA-LS) sistema pneumático de "de gelo".

A seguir um questionário composto de 6 (seis) questões sobre o sistema pneumático de boots para proteção "Anti-ice" e "De-Ice" em aeronaves, detalhando o funcionamento e manutenção deste sistema na FAB.

1. Quais aeronaves têm suas manutenções feitas aqui no PAMA-LS? Qual o tipo de sistema de "de gelo" e "Anti-gelo" em que elas utilizam?

Resposta: Aqui no parque realizamos manutenção nas seguintes aeronaves:

- A-29 - Sistema de Sangria de Ar.
- C-98 - "De-ice" por boot inflável (somente um)
- Learjet – Sistema de Sangria de Ar e Glicol
- T-27 - Somente elétrico no tubo de Pitot.



A-29 Super Tucano (Mackson Batista, maio/2016)



C- 98 Caravan (Mackson Batista, maio/2016)



LEARJET (Mackson Batista, maio/2016)



T-27 Tucano (Mackson Batista, maio/2016)

2. Por terem uma "alta" e "baixa" de temperatura frequente os "boots" das aeronaves necessitam de uma manutenção com certa frequência?

Respostas: Em épocas de frio corre o risco de armazenar umidade dentro das polainas causando assim um congelamento interno podendo ser catastrófico em voo, para se evitar que congele o interior das polainas deve-se pulverizar em uma pressão de 17 a 19 PSI, através de um equipamento álcool isopropílico e *Dow Corning 200* para lubrificar a parte interna dos boots e evitar a umidade interna. É difícil ocorrer uma manutenção nos boots somente quando a ressecamento das polainas, furos ou cortes, e acúmulo de umidade.

3. Este sistema pneumático em relação aos demais tipos pode ser considerado um dos mais eficazes?

Respostas: Todos os sistemas de “*De-ice*” e “*Anti-ice*” tem que ser eficazes, a diferença que os boots têm uma manutenção simples e já os demais sistemas como sangria de ar e resistência elétrica envolvem tubulações e válvulas dentre outros componentes.

4. O acionamento do sistema de boots por acionamento pneumático nas aeronaves que tem suas manutenções feitas aqui no PAMA-LS geralmente são acionados manualmente ou automático com o auxílio de dispositivos de detecção de gelo?

Respostas: O acionamento do sistema é manual, já o ciclo é automático em caso de emergência, que no caso aciona todas as polainas de uma vez e não uma por vez como no acionamento normal.

5. Algum cuidado específico deve ser tomado com o bordo de ataque para proteger as polainas do sistema, quando armazenada a aeronave em solo?

Respostas: Em solo deve-se evitar pancadas e cuidado com as polainas do lado externo durante o contato com as mesmas, o fabricante indica durante a limpeza da aeronave, lavar as polainas com sabão neutro e água em outros casos álcool isopropílico, e para aumentar a vida útil dos boots a cada 150 horas ou 6 (seis) meses aplicar “*Engimaster*” e também “*Icex*” a cada 50 horas.

6. Geralmente ocorrem muitas panes com este sistema nas aeronaves? Qual processo deve ser adotado durante a pesquisa de pane?

Respostas: Não como citado acima o sistema não apresenta panes frequentes, mas durante uma pesquisa de pane durante a lubrificação das polainas podemos observar na parte externa se tem algum vazamento e também por contato direto se a algum detrito ou algo que possa ocasionar a falha do sistema.

5. Prototipagem

O protótipo que iremos relatar a diante, é um esboço do sistema “*anti-ice*” e “*De-ice*”, representado por sistema eletrotérmico no bordo de ataque de uma asa de uma aeronave. Para a representação, criamos uma asa de forma simples com estrutura feita de madeira interligando as nervuras com as longarinas, onde utilizamos chapa de metal para o revestimento completo e usamos um sistema elétrico ligado na tomada, onde vai ser acompanhado por lâmpadas Alógena de 500 W, para aquecimento do bordo de ataque.

5.1 Estruturas da asa

A estrutura da asa é formada por 04 (quatro) nervuras e 06 (seis) longarinas utilizadas para dar a sustentabilidade necessária.



Estrutura da asa (Daniel Filipe, maio/2016)



Estrutura da asa (Daniel Filipe, maio/2016)

5.1.1 Nervuras

As nervuras são membros estruturais que se estendem do bordo de ataque até ao bordo de fuga, intercalado com as longarinas. São as nervuras que dão à asa sua curvatura e transmitem os esforços do revestimento e reforçadores para as longarinas.



Nervura de madeira (Daniel Filipe, maio/2016)

Na composição da asa foi utilizado 04 (quatro) nervuras com 50 centímetros comprimento e 10 centímetros de altura.

5.1.2 Longarinas

São os principais membros estruturais das asas e estão posicionadas longitudinalmente, saindo da fuselagem até a ponta da asa, entre as nervuras. Na composição da asa usamos no total 06 (seis) longarinas divididas entre o bordo de ataque e o bordo de fuga, sendo 03 (três) longarinas no bordo de ataque e 03(três) no bordo de fuga.

Suas medidas são respectivamente de 30 centímetros de comprimento e altura variando de 04 centímetros no bordo de fuga e de 09 centímetros no bordo de ataque.



Longarina de madeira (Daniel Filipe, maio/2016)

5.2 Revestimento

O revestimento da asa se estende do bordo de ataque até as extremidades do bordo de fuga, onde o revestimento pode ser feito de tela, madeira, metais e materiais compostos.

O tipo de revestimento que escolhemos fazer foi o do tipo de metal onde a liga usada é a liga DD (2024), onde apresenta baixa massa específica e elevada resistência à corrosão, e o tipo de liga que tem sido amplamente usado em aeronaves.

As medidas do revestimento são aproximadamente um metro de comprimento e 64 centímetros de largura.



Revestimento da asa (Daniel Filipe, maio/2016)



Revestimento da asa (Daniel Filipe, maio/2016)

5.3 Sistemas elétricos

O sistema elétrico térmico que usamos foi colocado por dentro do revestimento nas proximidades do bordo de ataque que ao comprovar a evidencia de formação de gelo, aonde a incidência ira chegar às lâmpadas, liberando calor para o revestimento do bordo de ataque ira absorver o calor, transmitido da lâmpada, assim permitindo que remoção do gelo sobre toda superfície do bordo de ataque que tenha formando gelo, tornando o sistema “De-ice” e “Anti-ice” eficaz contra o gelo.

5.3.1 Lâmpadas halógenas

As Lâmpadas halógenas têm o mesmo princípio das lâmpadas incandescentes, porém, são mais elaboradas, tem uma luz mais brilhante, eficiência energética, maior vida útil (variando entre 2000 e 4000 horas), menores dimensões o que dá uma intensidade adequada no aquecimento do bordo de ataque com poucas lâmpadas necessárias.

Para o aquecimento usamos duas lâmpadas halógenas de 500 w centralizadas e fixadas por um suporte nas longarinas entre as nervuras que ao ligada a um circuito em paralelo esquenta por completo o bordo de ataque.



Lâmpada halógena (Daniel Filipe, maio/2016)

5.3.2 Circuito elétrico

Para passar a energia da tomada para as lâmpadas usamos um cabo de energia normal com capacidade de 5A, interligando de um plugue de tomada até molas de contato para a corrente elétrica chega às lâmpadas. Para a composição do circuito usamos um plugue de tomada, um cabo central saindo do plugue de tomada, cabos ligados em paralelo para completar o circuito e duas molas de correntes completas com seu lado positivo e negativo.



Circuito elétrico (Daniel Filipe, maio 2016)

5.4 Chave

Utilizamos uma chave alimentada pela corrente elétrica que irá acionar quando necessário. Quando está em desligado, o sistema vai estar pronto porem não acionado, mas quando tiver a presença de gelo automaticamente à chave ligara derretendo o gelo.



Chave on/off (Daniel Filipe, maio/2016)

6. Considerações Finais

A execução desse trabalho proporcionou aos integrantes do grupo aplicar e aprimorar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso, como na montagem do circuito elétrico para geração de calor no bordo de ataque; manuseio e fixação da chapa de revestimento aplicando os conhecimentos adquiridos em reparos estruturais; desenho e corte de nervuras, manipulação de ferramentas manuais, entre outros. Ao final não foi só a efetividade de mostrar os sistemas “*Anti-ice e De-ice*” em funcionamento e sim um conjunto de conhecimento agregados para se chegar a conclusão do trabalho proposto, findando com a realização dos testes no protótipo onde obtivemos resultados positivos alcançando os fins desejados.

Por fim, o grupo afirma a real necessidade de manter e até mesmo aperfeiçoar os sistemas de “*Anti-ice e De-ice*” já existentes no mercado aeronáutico com o intuito de salvaguardar patrimônios públicos, privados e principalmente vidas humanas para que não ocorra como no passado com os voos “Air Florida Voo 90” (1982); “United Express voo 2415” (1989); “*Scandinavian Airlines Flight 751*” (1991); “Comair vôo 3272” (1997); “*Loganair Voo 670*” (2001), onde ao final das investigações, o gelo foi o fator central na causa dos acidentes.

7. Bibliografia

- <http://diariodebordohofmann.blogspot.com.br/2012/08/gelo-44-questoes-respondidas.html>
- http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGAC_Icing_flight_manual.pdf
- <https://drive.google.com/folderview?id=0B7ZNc9-oSQKjOXhJSDd6S240RFE&usp=sharing>
- <http://www.ifba.edu.br/fisica/laboratorio/roteirosPLN/0214.pdf>