

TTEM 008/14

O ESTUDO DO ENVELHECIMENTO DA FROTA DE AERONAVES DA AVIAÇÃO GERAL E OS MÉTODOS DE INSPEÇÕES DETALHADAS PARA GARANTIA DA AERONAVEGABILIDADE

THE STUDY OF AGING OF GENERAL AVIATION AIRCRAFT FLEET AND METHODS DETAILED INSPECTION TO WARRANTY OF AIRWORTHINESS

Signatários:

- Ricardo Boaro Charantola¹
- Prof. Dr. José Rubens de Camargo – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Francisco José Grandinetti – Universidade de Taubaté/FEG-UNESP
- Prof. Dr. Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Evandro Luís Nohara – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. José Rui de Camargo – Universidade de Taubaté

Finalidade: Apresentar a preocupação com o envelhecimento da frota de aeronaves e os problemas estruturais cíclicos.

Duração: 7 meses

1 – Aluno do curso de Especialização em Engenharia Aeronáutica da Universidade de Taubaté (UNITAU/SP) - ricardo_charantola@hotmail.com

Palavras chave: Envelhecimento. Manutenção. Ensaios Não Destrutivos. Aeronavegabilidade.

Resumo. O envelhecimento da frota de aeronaves, que ultrapassam sua vida operacional, por vários fatores, se repete em todo mundo. E isso é possível devido processo rigoroso de inspeções desenvolvidas para essa finalidade. Este trabalho abordará a preocupação com o envelhecimento da frota de aeronaves e os problemas estruturais cíclicos, sua relação com acidentes, métodos de inspeção e ensaios não destrutivos (END), o fator humano intrínseco ao sistema e a normalização das atividades para garantia da aeronavegabilidade.

1. Introdução

A detecção de danos em componentes estruturais é de extrema importância, pois defeitos que têm início em escala microscópica podem propagar e comprometer a estrutura. Os ensaios não destrutivos END são usados para detectar esse tipo de dano a tempo (FERREIRA, 2008).

Para Herrera e Vasigh (2009), uma das preocupações é que as aeronaves são cada vez mais utilizadas além do seu tempo de vida econômica. Os resultados apoiam a ideia de que, em geral, a frequência de acidentes aumenta com a idade de uma aeronave. Outra preocupação é que quando uma companhia aérea reduz a idade média de sua frota, através da transferência de seus aviões mais antigos para outro país, talvez, inadvertidamente transfere o risco de acidentes, pois aquele país não pode ter programas de manutenção de aeronaves envelhecidas adequadas.

As atividades de manutenção são parte essencial para a aeronavegabilidade. O objetivo comum da manutenção de aeronaves, civis ou militares, é fornecer alta disponibilidade a um mínimo custo para seu operador. Manutenção são todas as ações necessárias para garantir sua disponibilidade incluindo serviços, reparos, modificações, overhauls, inspeções e verificação da condição de um equipamento ou sistema (FERREIRA, 2008).

Métodos de fiscalização como END são usados por muitos anos em inspeções de manutenção de aeronaves com sucesso. Quando o tipo de dano a ser procurado, por exemplo, uma trinca, pode ser intimamente caracterizado quanto à sua natureza, a localização esperada e direção de propagação, então são geralmente possíveis as concepções de processos de inspeção de END para detectar a presença do dano com um elevado grau de sensibilidade e confiabilidade (HOLLAMBY, 2005).

2. Envelhecimento de aeronaves

Envelhecimento aeronave tornou-se um tema de estudo cada vez mais sério, com o aumento da frota de aviões no mundo inteiro. A idade útil de uma aeronave depende de muitos fatores e pode ser definida pela totalidade ou por uma combinação desses como idade cronológica, o número de ciclos de voo e o número de horas de funcionamento. Os dois últimos fatores são os que podem afetar mais diretamente a aeronavegabilidade de uma aeronave (HERRERA & VASIGH, 2009).

A idade cronológica por si só pode não refletir na condição estrutural do avião. O número de voos, o tempo de voo acumulado, exposição ambiental e padrões de uso desempenham o papel igualmente. Juntos, porém, esses fatores tendem a se correlacionar bem com a idade cronológica e problemas estruturais como fissura por fadiga, corrosão e descolamento são mais prováveis de serem encontrados em aeronaves com alto tempo de uso. Um aumento na demanda por aeronaves comerciais forçou as companhias aéreas a operar as aeronaves existentes além da sua vida útil econômica de origem (FAA, 1992).

A fim de compreender os problemas em torno do envelhecimento de aeronaves e segurança de transporte aéreo, é necessário examinar os registros de acidentes que ocorreram. Muitas organizações e empresas começaram programas em aeronaves envelhecidas para dar atenção especial às aeronaves que ultrapassaram a sua vida normal de operação. No entanto, no que diz respeito à idade das aeronaves, a literatura disponível não esboça uma ligação clara entre o envelhecimento das aeronaves e aumento do risco, provavelmente devido a programas eficazes de regulação e práticas de manutenção (HERRERA & VASIGH, 2009).

Em 12 de agosto de 1985, 520 vidas, incluindo 15 membros da tripulação, a bordo do voo da Japan Airlines nº123 (Boeing 747SR) foram perdidos por causa de um acidente. Esse acidente foi devido a rachaduras em vários locais, que ocorreram nos pontos de união por rebite no selo traseiro de pressurização. A principal causa para esse dano foi uma deterioração dos materiais, que permitiu a abertura e propagação de rachaduras durante o envelhecimento da aeronave. Os defeitos foram inspecionados usando inspeção pré-serviço (PSI) e inspeção em serviço (ISI), respectivamente. A aeronave acima mencionada foi danificada anteriormente devido a outro acidente que ocorreu sete anos antes do acidente fatal. Houve um reparo mais fraco do que o código de manutenção necessário após o primeiro acidente. As rachaduras foram iniciadas e propagadas durante os 12319 ciclos, durante esses sete anos. No entanto, mesmo com os seis ISI, as trincas não foram detectadas (KIM et al, 2010).

Em 1988, a fuselagem de um Boeing 737 da Aloha Airlines falhou em vários pontos, nas juntas sobrepostas, enquanto o avião cruzava o Havaí. Uma aeromoça foi sugada para fora do avião quando esse sofreu uma descompressão explosiva. Após, o comandante da aeronave conseguiu pousar sem mais perda de vidas. Como resultado, o Congresso dos Estados Unidos autorizou a National Aeronautics and Space Administration (NASA) realizar um programa de controle de envelhecimento de aeronaves independente, em colaboração com a Administração Federal de Aviação (FAA) e da indústria aeronáutica (HERRERA & VASIGH, 2009).

Para a Federal Aviation Administration (FAA) (1992), a idade média da frota comercial dos EUA aumentou de forma constante, de 4,6 anos em 1970 para 12,7 anos em 1989. Se essa tendência se mantiver, 60 por cento da frota excederia a sua vida útil econômica até o final da década de 90.

Segundo o Manual Best Practices Guide for Maintaining Aging General Aviation Airplanes da FAA (2003), a frota da aviação geral dos EUA está envelhecendo. Em 2000, a idade média da frota de 150 mil monomotores era maior que 30 anos. Em 2020, a idade média poderia se aproximar de 50 anos.

Já para a Associação Brasileira de Aviação Geral (ABAG) (2013), a frota de aeronaves da Aviação Geral cresceu 6,7% em 2012, e totalizou 13.965 aeronaves. Um crescimento 0,3% maior do que no ano anterior. Foram adicionadas à frota 878 aeronaves, dessas, 253 novas e 625 usadas. Além disso, 12 aeronaves mudaram de categoria de utilização e passaram a fazer parte da frota de Aviação Geral. Em contra partida o saldo de aeronaves reclassificadas e canceladas foi de menos de 19 aeronaves. A idade da frota é definida de acordo com a data de fabricação das aeronaves. Atualmente, a frota da Aviação Geral Brasileira possui em média 25 anos e três meses de idade. Em 2012, a frota de até 15 anos aumentou 2%, totalizando 3.725 aeronaves (FIGURA 1).

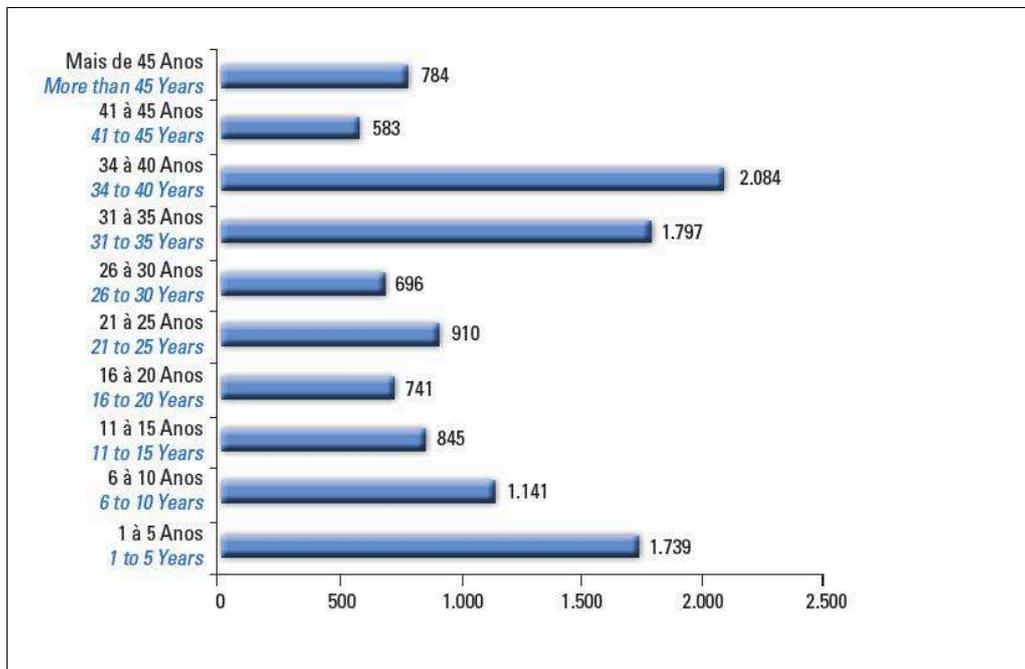


FIG. 1: A idade da frota da Aviação Geral no Brasil em 2012
 Fonte: ABAG (2013)

Em 2012 o número de aeronaves convencionais, monomotores e bimotores, a pistão, que são de 10.247, representam 73% da frota de Aviação Geral no Brasil. 46% da frota de aeronaves a pistão possui mais de 30 anos sendo que esse fator se reflete na idade média da frota atualmente. 2.466 não informaram o ano de fabricação (FIGURA 2) (ABAG, 2013).

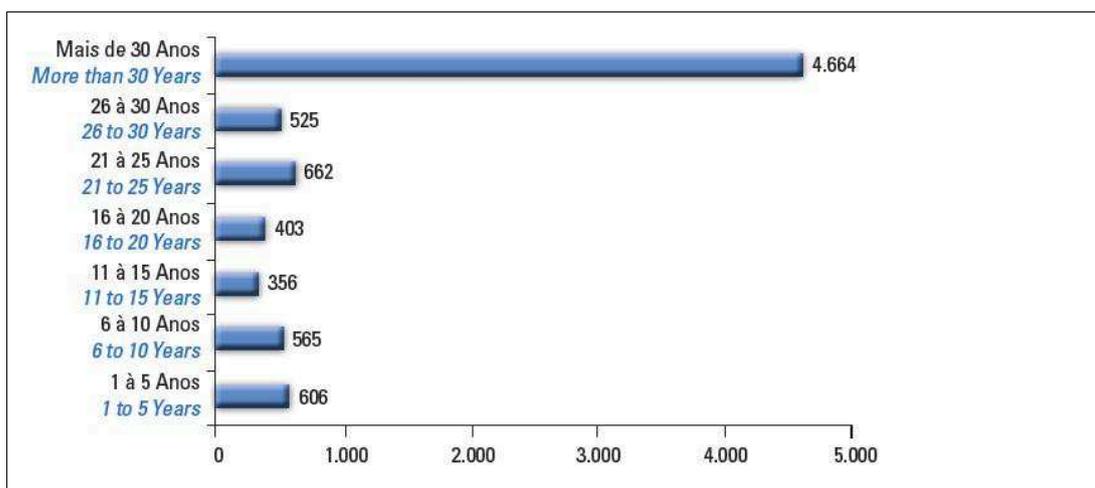


FIG. 2: Idade dos Aviões convencionais em 2012
 Fonte: ABAG (2013)

Para o Comando da Aeronáutica (DCTA) (2013), o ano de 2011 já havia registrado um aumento significativo no número de acidentes na aviação civil brasileira, quando comparado aos anos anteriores. No entanto, em 2012, os números de acidentes tornaram a subir (FIGURA 3).

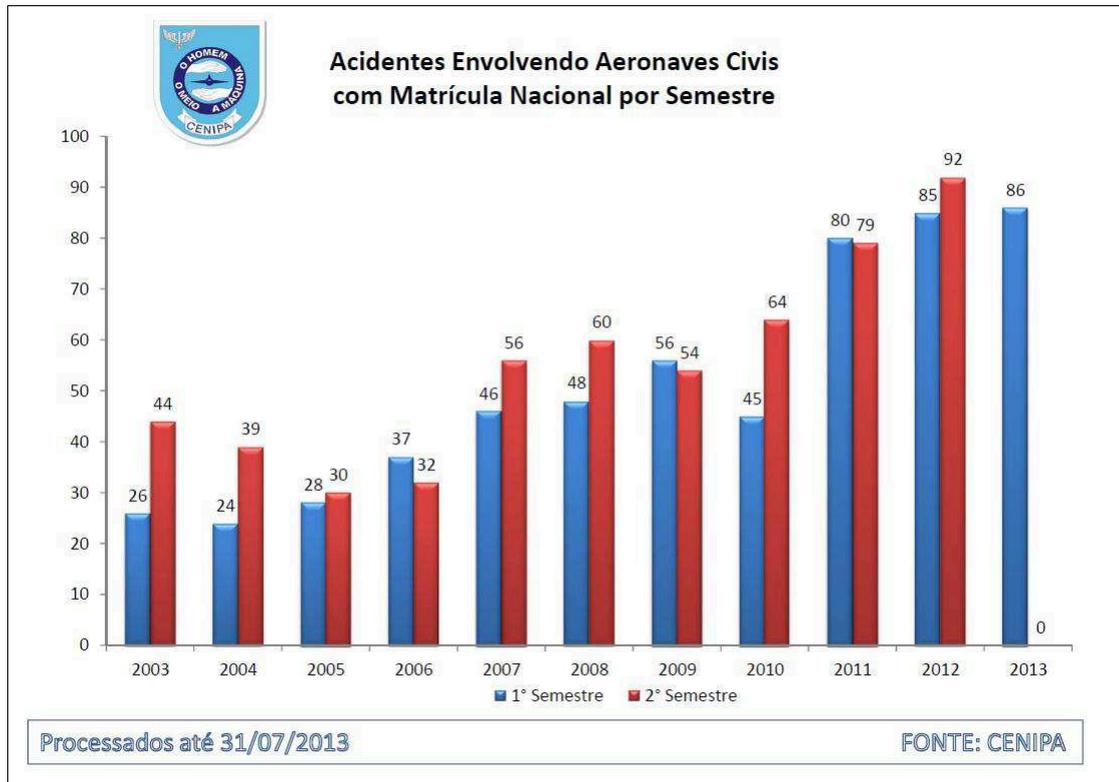


FIG. 3: Acidentes Envolvendo Aeronaves Civis
 Fonte: CENIPA (2013)

De acordo com Chagas (2002), a falha estrutural ocorrida com a aeronave de 19 anos de idade da Aloha Airlines foi o evento que definiu a conscientização da comunidade aeronáutica e do público, de modo geral, com relação à degradação estrutural causada por corrosão em aeronaves mais antigas.

3. Metodologia

Manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desenvolver uma função requerida. Ação de manutenção é a sequência de atividades de manutenção elementares efetuadas com uma dada finalidade. Cada item estrutural é avaliado em termos de importância para a aeronavegabilidade continuada, susceptibilidade a alguma forma de dano e o grau de dificuldade envolvido na detecção desse dano (FERREIRA, 2008).

Um programa de pesquisa de idade pode ser desejável para verificar a resistência da aeronave contra deterioração por corrosão. Para melhorar os intervalos de tarefas específicas para uma estrutura significativa não metálica, um programa de exploração por idade pode ser desejável para verificar a taxa de deterioração estrutural. Diretrizes para a exploração devido ao envelhecimento devem ser estabelecidas pelo Grupo de Trabalho de Estruturas e submetido ao Comitê Gestor da Indústria para aprovação e inclusão nas tarefas de manutenção estruturais programados e seus intervalos (ATA MSG-3, 2009).

O ATA MSG-3 prevê a avaliação da estrutura para a seleção de tarefas de manutenção deve considerar as seguintes fontes de danos:

- Dano por Fadiga – Fatigue Damage (FD): O dano por fadiga é a iniciação e subsequente propagação de uma ou mais trincas, devido a um carregamento cíclico. É um processo cumulativo que depende do uso da aeronave. Inspeções visuais e não destrutivas são necessárias para detectar esse dano.
- Deterioração Ambiental – Environmental Deterioration (ED): O dano por aspectos ambientais é caracterizado pela deterioração estrutural resultante de uma reação química com o ambiente. A probabilidade do surgimento de danos ambientais é determinada por ambientes adversos, suscetibilidade dos materiais à corrosão e corrosão sobtensão e também pelos diferentes tipos de proteções superficiais utilizadas.
- Dano Acidental – Accidental Damage (AD): A análise de danos acidentais é caracterizada pela ocorrência de eventos aleatórios que podem reduzir o nível inerente de resistência residual. Esses eventos podem ser originados por contato ou impacto com objetos, operações ou práticas de manutenção inadequadas.

Para Ferreira (2008), o objetivo dos requisitos de manutenção estrutural é analisar uma dada região dentro do nível de inspeção estabelecido quanto a qualquer sinal de degradação como depressões, ranhuras, manchas, descoloração, delaminação, corrosão ou rachadura. As tarefas resultantes das análises de MSG-3 são estabelecidas para propiciar uma descoberta oportuna e o reparo de possível dano estrutural que possa acontecer durante a operação normal da aeronave. As tarefas de inspeção são definidas de acordo com a ATA MSG-3 Rev. 2003.1:

- Inspeção Visual Geral - General Visual Inspection (GVI): Exame visual de uma área interna ou externa, instalação ou montagem para se descobrir dano evidente, falha ou irregularidade. Esse nível de inspeção é feito normalmente na condição de iluminação disponível, como luz do dia ou lanterna, e pode requerer a remoção ou abertura de painéis de acesso ou portas. Podem ser exigidas escadas de mão e plataformas para se ganhar proximidade da área a ser inspecionada.
- Inspeção Visual Detalhada – Detailed Inspection (DET): Intensivo exame visual de uma área especificamente estrutural, instalações ou montagens para detectar danos, falhas ou irregularidades. A avaliação normalmente é apropriada com uma luz que satisfaça o inspetor. Inspeções com ajuda de espelhos e lentes de aumento podem ser feitas. A limpeza da superfície pode ser requerida para se aprimorar o acesso.
- Inspeção Especial Detalhada - Special Detailed Inspection (SDI): Extensiva inspeção de itens específicos, instalações ou montagens para detecção de falhas ou irregularidades. As inspeções normalmente são realizadas com a utilização de técnicas ou equipamentos especiais. Alguns casos podem demandar limpeza ou desmontagem.

Os ensaios não destrutivos são utilizados para garantir a qualidade dos componentes industriais recém-fabricados e também para assegurar a integridade dos mesmos quando em operação (FERREIRA, 2008).

Os ensaios não destrutivos em componentes estruturais de aeronaves (também chamados inspeções especiais detalhadas) podem ser feitos com os seguintes métodos, de acordo com o documento ATA MSG-3(2009):

- Partículas Magnéticas: Método usado para detecção de danos superficiais e ou subsuperficiais em materiais ferromagnéticos. Consiste na aplicação de uma corrente elétrica em uma peça, gerando um campo magnético. As descontinuidades existentes criarão um campo de fuga do fluxo magnético, que é detectado pelo acúmulo de finas partículas ferromagnéticas aplicadas à superfície da peça.

- Líquido Penetrante: Método considerado como um complemento da inspeção visual. É utilizado para detecção de descontinuidades superficiais, abertas à superfície, que não são detectadas a olho nu. É aplicável às peças fabricadas com materiais não porosos. Após a pré-limpeza da peça, aplica-se um líquido de baixa viscosidade que penetra nas descontinuidades e fica retido, mesmo com a limpeza complementar necessária. A seguir, aplica-se um revelador que normalmente é um talco em suspensão. O líquido retido será sugado pelo revelador e criará um contraste indicando a trinca. Se o líquido for fluorescente, a revelação se dá expondo sob a ação de luz ultravioleta, em sala escura.
- Ultrassom: Método utilizado para detecção de trincas superficiais e internas por feixes de ondas de alta frequência. As ondas atravessam os materiais com certa atenuação e são refletidas nas interfaces. O trinco é uma interface que pode ser localizado e dimensionado, pois age como refletor. O contato com o material a ser inspecionado é feito através de um transdutor que contém um cristal de quartzo, o qual, uma vez submetido a uma voltagem, vibra a uma alta frequência. Os instrumentos utilizados nesse método são portáteis e acionados por bateria.
- Raios-X: Método utilizado para detecção de trincas superficiais e internas. É baseado na absorção diferenciada da radiação penetrante pela superfície em inspeção. Essa absorção é detectada através de um filme e indica a existência da trinca.
- Análise de Ressonância de Batidas: Método utilizado para detecção de delaminações em materiais compostos. A delaminação surge internamente com a ocorrência de um descolamento das camadas que constituem o material composto. Esse descolamento ocorre, normalmente, em consequência de infiltração de umidade ou impacto de objetos estranhos ou granizo. É aplicável a todas as combinações de materiais compostos que são laminados em camadas, incluindo os que possuem face metálica.
- Correntes Parasitas (Eddy Current): Consiste na aplicação de um campo magnético sobre uma peça condutora de eletricidade, de maneira que sejam induzidas correntes parasitas nessa peça. Esse campo é chamado de primário. Com o aparecimento das correntes parasitas na peça condutora de eletricidade, um campo magnético secundário é gerado em sentido contrário ao sentido do campo magnético primário. Esse campo secundário fará interferência no campo primário, de maneira que possa ser monitorada. O campo magnético, aplicado sobre a peça, é gerado por uma bobina, por onde circula uma corrente alternada que causa a indução de corrente alternada na peça, na forma de círculos fechados. É fundamental o uso de um padrão de referência.

4. Resultados e discussões

Na indústria mecânica, em particular a aeronáutica, é muito comum a necessidade de inspecionar máquinas e peças durante o período de vida útil. Nesses casos, não será possível a destruição da peça ou do componente a ser testado, uma vez que depois de inspecionado ele deverá ser recolocado no sistema de origem. A nucleação de trincas por fadiga ou imperfeições internas em produtos acabados poderá comprometer o sucesso do componente em operação. Recorre-se então aos ensaios não destrutivos dos materiais, que permitem analisar a peça obtendo-se informações quantitativas e qualitativas sobre a integridade de um componente mecânico, permitindo assim ao profissional encarregado garantir sua substituição antes que o tal componente falhe em operação (FERREIRA, 2008).

Grande parte da controvérsia que existe sobre a maneira correta de lidar com o problema de manter a aeronavegabilidade dos aviões mais antigos, por inspeção, gira em torno da probabilidade

de propagação de danos em múltiplos locais, por fadiga, em uma fase crítica, sem detecção (HOLLAMBY, 2005).

A operação segura de uma aeronave envolve a interface de seres humanos, máquinas e meio ambiente. Toda a área de estudo evoluiu para explicar a mecânica e as implicações dessa situação à interface. Essa área de estudo, chamado de fatores humanos, não só incide sobre a relação entre homem e máquina, mas também sobre a forma como os seres humanos reagem a esse tipo de configuração (HERRERA & VASIGH, 2009).

Seres humanos têm emoções, ficam cansados, podem perder a concentração e acima de tudo, cometer erros, que na maior parte das vezes não são intencionais. Portanto, quando se projeta um sistema complexo, como uma aeronave, devem-se levar em conta os fatores humanos. O fator humano constitui um dos principais elementos que afetam a confiabilidade do sistema de inspeção por ensaio não destrutivo. Ele representa o estado físico e mental, a experiência e treinamento do pessoal e as condições de operação que têm influência no sistema de ensaios não destrutivos. (FERREIRA, 2008).

Para a Federal Aviation Administration (2003), duas melhores práticas específicas podem ter um impacto fundamental sobre o modo de manutenção e inspeção é abordada para o envelhecimento de aeronaves. Esses são os seguintes:

- Investigação de registros do avião;
- Inspeções especiais detalhadas.

Fazer qualquer um desses ajuda a avaliar a condição de um avião. Fazer ambos é necessário para avaliar completamente os efeitos do envelhecimento em um avião e fornecer um método de monitorar sua condição, uma vez que o envelhecimento continuará (FAA, 2003).

No Brasil, a Instrução de Aviação Civil (IAC) 3146 tem como objetivo definir uma padronização a ser adotada pelas empresas do mercado aeronáutico na execução de ensaios não destrutivos na manutenção de aeronaves civis brasileiras e seus componentes. Essa padronização inclui os critérios para formação de pessoal e normalização dos tipos de ensaios. A norma NAS 410 foi adotada como base para a elaboração do Anexo A da IAC 3146, que estabelece os requisitos brasileiros de qualificação e de certificação dos profissionais, para a realização de ensaios não destrutivos no setor aeronáutico (FERREIRA, 2008).

5. Conclusão

Em se tratando de manutenção aeronáutica, uma grande precisão é requerida na inspeção dos itens estruturais. Quanto menor o dano, mais acurado tem de ser o método de inspeção para garantir a detecção desse dano antes que atinja o tamanho crítico (FERREIRA, 2008).

Deve notar-se que a presença de um problema é detectada primeiramente pelo método tradicional de inspeção visual. Tendo em vista a falta de experiência dos tipos de danos que podem estar presentes no envelhecimento de estruturas de aeronaves e na utilização de métodos END para a sua detecção, considera-se que a substituição dessa última para um processo de inspeção tradicional, por razões puramente de conveniência ou economia, não deve ser permitida (HOLLAMBY, 2005).

Foi constatado, através de uma abordagem mais quantitativa, que o tempo de experiência do inspetor, que está relacionado com a natureza do indivíduo, foi um fator que teve grande influência na decisão. Essas conclusões confirmam o que diz a norma NAS 410, que trata dos requisitos mínimos para a qualificação e certificação do pessoal envolvido na aplicação de ensaios não destrutivos. A norma diz que deve haver uma carga horária de treinamento mínima para que o inspetor obtenha a sua certificação (FERREIRA, 2008).

O objetivo desse trabalho foi identificar e descrever a maior parte dos métodos de inspeção não destrutivos prevalentes, equipamentos e procedimentos atualmente em uso nas instalações de manutenção para a inspeção aeronave (FAA, 1992).

6. Referências

- ABAG. Anuário Brasileiro de Aviação Geral. 2013. Disponível: <http://www.abag.org.br/anuario_aviacao/documents/Anuario_Brasileiro_Aviacao_Geral_2013.pdf>.
- AIR TRANSPORT ASSOCIATION. MSG3 Rev 2009.1: Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development. Washington, 2009.
- Chagas, M. M. Técnicas de Controle e Prevenção de Corrosão em Aeronaves. 6ª Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos (COTEQ) e 22º Congresso Brasileiro de Corrosão (CONBRASCORR). 2002.
- DCTA, Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Panorama Estatístico da Aviação Civil Brasileira em 2012. 2013. Disponível: <<http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/Anexos/article/19/FCA%2058-1%20Estat%20C3%ADsticas%20da%20Avia%20C3%A7%20C3%A3o%20Civil%202012.pdf>>.
- Federal Aviation Administration. Current Nondestructive Inspection Methods for Aging Aircraft. FAA Technical Center, Atlantic City International Airport, 1992.
- Federal Aviation Administration. Best Practices Guide for Maintaining Aging General Aviation Airplanes. 2013. Disponível: <https://www.faa.gov/aircraft/air_cert/design_approvals/small_airplanes/cos/aging_aircraft/media/aging_aircraft_best_practices.pdf>.
- Ferreira, R. C. R. Influência do Fator Humano em Ensaios Não Destrutivos por Correntes Parasitas na Manutenção de Estruturas aeronáuticas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá. 2008.
- Herrera, J. M., Vasigh, B. A Basic Analysis of Aging Aircraft, Region of the World, And Accidents. Journal of Business & Economics Research. 2009; 7(5): 121-132.
- Hollamby, D. C. A Perspective on the Use of NDT in the Inspection of Aging Aircraft. 2005. Disponível: <http://www.casa.gov.au/wcmswr/_assets/main/airworth/papers/hollamby.pdf>.
- Kim, J., Jun, J., Lee, J., Lee, J. An Application of a Magnetic Camera for an NDT System for Aging Aircraft. Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing. 2010; 30(3): 212-224.



UNITAU

Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação
Rua Visconde do Rio Branco, 210 - Centro
Taubaté - SP 12020-040
tel: (12) 3625-4218 3625-4151 fax: (12) 3625-4218
www.unitau.br/prppg

Abstract. The aging fleet of aircraft, beyond its operational life, by various factors, is repeated around the world. And this is possible due rigorous process of inspections developed for this purpose. This work will address concerns with aging aircraft fleet and cyclical structural problems, its relation to accidents, inspection methods and non-destructive testing (NDT), the human factor intrinsic to the system and the normalization of activities to ensure the airworthiness.