

TTEM 009/14

ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS (END): PRINCIPAIS CONCEITOS E SUA IMPORTÂNCIA PARA A AVIAÇÃO

NON-DESTRUCTIVE TESTING (NDT): KEY CONCEPTS AND ITS IMPORTANCE FOR AVIATION

Signatários:

- Luís Evandro da Silveira Azeredo¹
- 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: Tratar sobre a importância e das normas utilizadas nas inspeções realizadas em aeronaves, principalmente aquelas efetuadas através de métodos que utilizem ensaios não destrutivos
Duração: 7 meses

1 – Aluno do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica da UNITAU. Controlador de Tráfego Aéreo. Alguns cursos que possui: Prevenção em Segurança - Nível Proteção ao Voo (CENIPA), Supervisor de Segurança de Aviação (Centro de Instrução e Adestramento Aeronaval) e Supervisor de Órgãos de Controle de Tráfego Aéreo (ICEA). E-mail: luis.evandro@bol.com.br

Palavras chave: Ensaio não destrutivo, inspeção, manutenção e aviação.

Resumo. O presente trabalho tem por objetivo tratar sobre a importância das inspeções realizadas em aeronaves, principalmente aquelas efetuadas através de métodos que utilizem ensaios não destrutivos. Ensaio não destrutivo - END - é definido como um exame de um objeto por uma técnica que não afete a utilização futura do mesmo. Definição essa que provém da American Society Nondestructive Testing (ASNT). Esse tipo de teste serve para verificar a existência ou não de descontinuidade ou defeitos em materiais, através de princípios físicos definidos, sem alterar suas características físicas, químicas, mecânicas ou dimensionais e sem interferir em seu uso posterior. Por não afetarem os materiais submetidos aos ensaios, os mesmos, contribuem para a redução de custos, para o aumento da confiabilidade da inspeção em serviços e manutenção, na fabricação e na montagem. Baseando-se nessa definição, ressalta-se ainda mais a importância desses procedimentos para a segurança operacional da aviação. Serão apresentados conceitos, algumas das normas que regulam os END na aviação civil, qualificações necessárias para realizar esses procedimentos e um marco histórico na aviação, que levou a criação e modificação de normas.

1. INTRODUÇÃO

É fato que a manutenção aeronáutica é uma atividade a qual possui características peculiares. As técnicas de manutenção, modificações e reparos em aeronaves têm evoluído com o tempo, tornando-se cada vez mais complexas, Figuras 1 e 2.



Figuras 1 e 2 – Exemplos da complexidade das turbinas aeronáuticas.

Devido a essa grande complexidade e muitas das vezes, alto custo dos materiais utilizados, utilização de técnicas que não alteram a característica do material que está sendo analisado, se faz necessária. Assim como toda manutenção, tais técnicas têm evoluído no mercado aeronáutico mundial de forma sistemática, carecendo de padronização quanto à certificação do pessoal envolvido e às normas de execução.

Essa padronização define critérios a serem adotados pelas empresas do mercado aeronáutico na execução de END e também para formação de pessoal e normalização dos ensaios.

2. ALGUMAS DEFINIÇÕES E NORMAS VIGENTES

2.1 Padrão ISO

Antes de citar especificamente as normas que tratam de END, ou órgão responsável por sua elaboração, essencial se faz comentar algo sobre “conceitos de qualidade”. A necessidade de padrões internacionais de engenharia no período pós-guerra levou a criação em 1947, de um organismo capaz de facilitar a coordenação internacional e a unificação dos padrões internacionais.

Esta entidade foi denominada ISO – International Organization Standardization, tendo sua sede em Genebra na Suíça. O nome, derivado do grego ISOS que significa igual, identifica os objetivos da organização de padronizar as normas.

O propósito fundamental da ISO é de promover normas que traduzam o consenso dos diferentes países no mundo para facilitar o comércio internacional.

Cada país é representado pela sua organização normativa, no caso do Brasil a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Em 1987, foi emitida a norma ISO da série 9000 que se referia à comunidade internacional empresarial como um todo. Mais tarde, em 1997 foi editada a norma ISO 14000 que enfoca o gerenciamento dos processos com ênfase na preservação do meio ambiente, tratando de minimizar os efeitos nocivos que certas atividades profissionais pudessem causar. A adoção do modelo da série de normas ISO gera certificação.

2.2 Instrução Suplementar (IS) nº 43.13-003C – ANAC – “Métodos de END”

O Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 43, em seu item 43.13 (a), define regras para execução de manutenções em aeronaves. Baseando-se nessas regras, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), aprovou a Instrução Suplementar (IS) nº 43-13-003 – Revisão C (de 27 Set 13), a qual estabelece os critérios aceitáveis, mas não únicos, para detalhar e orientar inspeções através de END na manutenção de produto aeronáutico. Este documento aplica-se às pessoas diretamente responsáveis pelo gerenciamento, de controle e de aplicação dos métodos e técnicas de END utilizados em uma Organização de Manutenção de Produto Aeronáutico (OM) detentora de certificado conforme o RBAC 145.

Segundo a própria IS nº 43, os END determinam diretamente a aeronavegabilidade de um artigo² e conseqüentemente exercem profundo impacto na segurança da aviação civil, dada a vasta quantidade de inspeções END executadas tanto na fabricação de produtos³, mas principalmente na manutenção de tais artigos. Por outro lado, tanto os cursos de formação de mecânicos de manutenção aeronáutica – MMA, quanto à própria certificação desses pela ANAC não são especificamente voltados para o treinamento e qualificação das pessoas que executam END.

Eventos ocorridos na aviação civil mundial e, notadamente o voo 243 da Aloha Airlines em 28 de abril de 1988 (será motivo de um item específico neste artigo), é citado como “um marco na aviação civil”, ressaltam a importância do desempenho e do adequado processo de treinamento e qualificação em END.

Nota 2: Artigo significa uma aeronave, célula, motor de aeronave, hélice, acessório, componente ou suas partes.

Nota 3: Produto significa uma aeronave, um motor de aeronave ou uma hélice.

* (verifica-se que artigo, referente ao RBAC 145 e produto, referente ao RBAC 21, possuem conotação semelhante).

2.3 Métodos de END

A IS nº 43 define os seguintes métodos de END, que são empregados na aviação civil:

- a) Ensaios por Líquidos Penetrantes – LP;
- b) Ensaios por Partículas Magnéticas – PM;
- c) Ensaios por Correntes Parasitas – CP;
- d) Ensaios por Ultrassom – US;
- e) Ensaios por Radiográficos – RI;
- f) Ensaios por Termografia – TG; e
- g) Ensaios por Shearografia – SG.

Essa mesma IS estabelece que o Manual da Organização de Manutenção (MOM) deve estabelecer os documentos de referência para realização dos ensaios, bem como, apresentar informações referentes, dentre outras: a normas utilizadas para cada tipo de ensaio, procedimentos gerais e específicos, relatórios e/ou laudos técnicos utilizados para registrar a execução e a aprovação para o retorno ao serviço de produto aeronáutico, controle periódico (calibração) dos equipamentos e materiais utilizados, etc.

Para cada tipo de END a ser realizado, a IS nº 43, determina quais são as normas aceitáveis para a elaboração de procedimentos específicos. A certificação de uma OM em Serviços Especializados é feita com base na presunção de normas ou especificações da indústria adotadas ou desenvolvidas pela OM, aceitas pela ANAC. As normas aceitáveis para a elaboração de procedimentos específicos são as elaboradas por organizações nacionais ou internacionalmente reconhecidas, tais como American Society for Testing and Materials – ASTM, Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, Society of Automotive Engineers – SAE, etc.

Tipo de ensaio	Norma
Ensaios por Líquido Penetrante - LP	ASTM E 1417 (*)
Ensaios por Partículas Magnéticas - PM	ASTM E 1444 (*)
Ensaios por Correntes Parasitas - CP	ABNT NBR 15548 (ou equivalente)
Ensaios por Ultrassom - US	SAE-AMS-2154 (*) ASTM E 2375 (*) ASTM E 317 (*)
Ensaios Radiográficos - RI	ASTM E 1742 (*)
Ensaios por Termografia – IV	De acordo com a publicação técnica aplicável (por exemplo: Manual NDT)
Ensaios por Shearografia – SG	De acordo com a publicação técnica aplicável (por exemplo: Manual NDT)

(*): ou NBR equivalente

2. 3 Instrução Suplementar nº 145.163-001A – ANAC – “Qualificações em END”

Esta IS estabelece critérios aceitáveis, mas não únicos, para detalhar e orientar a forma de cumprimento das recomendações da ANAC em relação à qualificação e autorização de pessoas em END na manutenção aeronáutica.

Na área de ensaios não destrutivos a qualificação e a certificação de pessoal têm importância crítica. Tal importância traduz-se na necessidade de seguir procedimentos específicos e interpretação

de resultados por parte do profissional, por isso a existência de normas aeronáuticas de qualificação e certificação de pessoal. De forma a garantirmos o desempenho adequado da atividade de ensaio, um padrão mínimo de qualificação para a certificação deve ser definido. As normas que orientam a qualificação e a certificação de pessoal são variadas e aplicáveis a cada tipo de indústria. Na indústria aeronáutica as seguintes normas são adotadas:

- a) ATA-SPEC-105;
- b) MIL-STD-410;
- c) SNT-TC-1A;
- d) AIA NAS-410; e
- e) ISO-9712.

2. 4 AIA-NAS 410 - “Norma americana X Normas da ANAC”

A Aerospace Industries Association of America (Associação das Indústrias Aeroespaciais) - AIA, fundada em 1919, apenas alguns anos após o nascimento da aviação, é uma associação comercial que representa os principais fabricantes e fornecedores aeroespaciais e de defesa dos Estados Unidos.

A norma AIA-NAS-410 descreve os procedimentos para estabelecer a autorização (certificação) de uma forma “geral” para a indústria e a manutenção.

No Brasil, por outro lado, a ANAC considera que um treinamento adicional é altamente recomendável para que uma pessoa possa “conhecer e estar familiarizado” com a OM (Organização de Manutenção de Produto Aeronáutico), os artigos, os equipamentos de END, etc., de forma a ser autorizada pela OM. Por exemplo, a AC 120-16 (Advisory Circular) da FAA fornece recomendações para um efetivo programa de treinamento da OM. A ANAC recomenda que o programa de treinamento da OM inclua:

- a) o treinamento nos artigos em que será executado o serviço de END, normalmente um curso de familiarização. Esse curso de familiarização pode conter e explicar tarefas específicas de END;
- b) o treinamento nos equipamentos/materiais e acessórios utilizados para as inspeções, normalmente ministrados pelo fabricante do equipamento. Em alguns casos, as tarefas são simples e em outros, há a necessidade de especialização adicional que requer treinamento adicional ao de qualificação básica;
- c) o treinamento nos manuais da OM;
- d) o treinamento específico fornecido pela empresa “operadora” certificada conforme o RBAC 121 e RBAC 135, tal como itens de inspeção obrigatória (IIO), caso aplicável. Neste caso, a pessoa da OM que recebe uma delegação IIO da operadora necessita possuir licença MMA da ANAC; e
- e) outros requisitos que a OM defina em seu programa de treinamento (determinados pelo profissional qualificado no Nível 3 responsável).

3. QUALIFICAÇÕES PREVISTAS PARA REALIZAR END

3.1 Níveis de qualificação e atribuições

O programa de treinamento de uma OM pode estabelecer pelo menos 3 Níveis de qualificação, por método. A ANAC recomenda que os três Níveis básicos assim sejam mantidos. Estagiários, aprendizes, alunos e demais pessoas em treinamento inicial não são consideradas profissionais qualificados no Nível 1, antes de completar os requisitos de treinamento e obter a qualificação.

a) Nível 1

- I- ter o conhecimento necessário de toda a preparação das peças antes e após o ensaio;
- II- ser capaz de seguir os procedimentos de preparação do método para o qual é qualificado;
- III- ser capaz de receber orientação ou supervisão de um profissional qualificado e autorizado no Nível 3 ou outra pessoa designada por este; e
- IV- quando expressamente permitido por uma pessoa autorizada como Nível 3 da OM, no método, pode executar um ensaio simples, em um determinado método de ensaio, desde que não implique na determinação da aeronavegabilidade.

b) Nível 2 (adicionalmente às atribuições para o Nível 1)

- I- ter conhecimento e habilidade para montar, ajustar e calibrar os instrumentos/equipamentos de END;
- II- coordenar e conduzir END segundo os procedimentos específicos, organizar, interpretar, avaliar pelo critério de aceitação/rejeição, e documentar os resultados do método utilizado;
- III- estar completamente familiarizado com o escopo e com as limitações do método para o qual está qualificado;
- IV- ser capaz de fornecer OJT para estagiários, profissionais qualificados nos Níveis 1 e 2; e
- V- estar familiarizado com os códigos, normas, e outros documentos regulatórios que controlam o(s) método(s) usado(s) pela OM.

c) Nível 3 (adicionalmente às atribuições para o Nível 2)

- I- conduzir as atividades do profissional qualificado no Nível 2 (desde que esta competência esteja incluída na sua qualificação);
- II- ser capaz de selecionar o método e a técnica para inspeções específicas;
- III- ser capaz de selecionar e ou projetar equipamentos e blocos de referência;
- IV- interpretar códigos, normas, e outros documentos regulatórios do método;
- V- elaborar procedimentos em métodos nos quais é qualificado e verificar se os procedimentos são/estão adequados;
- VI- ter conhecimento geral de todos os outros métodos de ensaio, incluindo os utilizados pela OM; e
- VII- ser capaz de ministrar ou coordenar o treinamento e avaliação escrita de pessoas no Nível 1, 2 e 3, no método no qual é qualificado e autorizado.

Pessoas autorizadas em END possuem o nome listado na lista de pessoas autorizadas (roster) da OM. Os Níveis de autorização aceitos pela ANAC para a execução completa de END são equivalentes aos Níveis de qualificação, e correspondendo à qualificação obtida. A autorização é um procedimento que aumenta a segurança na aviação civil.

Uma pessoa pode ser autorizada em mais de um método, com o Nível equivalente e correspondente para cada um.

A finalidade da qualificação é propiciar que uma OM autorize uma pessoa a exercer as atividades de END em seu nome, embora a autorização ainda dependa da satisfação de requisitos adicionais. Um profissional qualificado e autorizado no Nível 3, por método de ensaio, da OM é a pessoa que pode determinar esses requisitos adicionais.

A responsabilidade pela qualificação e autorização em END é sempre da OM. O programa de qualificação e autorização está estabelecido no programa de treinamento da OM. O programa de treinamento é submetido à aprovação pela ANAC.

Como meio de quantificar/qualificar a notória e reconhecida experiência ou especialização, a ANAC considera aceitáveis as seguintes pessoas para a qualificação no Brasil:

- a) o Instituto de Fomento e Coordenação Industrial – IFI do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial – DCTA;
- b) os profissionais qualificados no Nível 3, por método, formados pelo Instituto de Fomento e Coordenação Industrial – IFI do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial – DCTA; ou
- c) os profissionais qualificados no Nível 3, por método, designados pelos detentores do projeto de tipo ou fabricantes dos artigos.

4. ACIDENTE ALOHA AIRLINES FLIGHT 243 (marco histórico para modificações de padrões de inspeção por meio de END no setor aeronáutico)

4.1 História do Voo

Em 28 de abril de 1988, um Boeing 737 da Aloha Airlines, com base no Aeroporto Internacional de Honolulu, no Havaí, estava responsável por uma série de voos que seriam realizados entre ilhas do Havaí. Um capitão e primeiro oficial foram escalados para os primeiros seis voos do dia com uma posterior substituição planejada para completar o restante da programação diária.

O primeiro oficial seguiu para o pátio de estacionamento da Aloha Airlines e executou a inspeção conforme procedimentos da empresa antes do primeiro voo do dia. Ele verificou que a liberação pela equipe de manutenção do avião foi assinada e que não havia quaisquer discrepâncias abertas. Fez, juntamente com o primeiro oficial, o pré-voo, incluindo a inspeção visual da parte externa do avião, durante a escuridão da madrugada, tendo afirmado que não encontrou nada incomum.

A tripulação realizou três voos de ida e volta cada um, de Honolulu para Hilo, Maui, e Kaula. As inspeções externas visuais entre voos, realizadas pelos tripulantes não eram obrigatórias pela FAA, conseqüentemente, nenhuma foi realizada.

Após esses seis voos ocorreram à primeira mudança da tripulação, que voaria durante o resto do dia. A tripulação voou de Honolulu a Maui e, em seguida, a partir de Maui para Hilo. Tal como ocorreu nos voos anteriores do dia, nenhum sistema, motor, ou verificação de anormalidades estruturais foram sequer verificados visualmente. Nem mesmo os pilotos saíram do avião no momento da chegada em Hilo, tão pouco, a tripulação realizou qualquer inspeção visual externa, pois não era prevista.

Ao partir do aeroporto de Hilo a caminho de Honolulu, além dos dois pilotos, havia três comissários de bordo, um controlador de tráfego aéreo da FAA, que estava sentado no banco do observador, e 89 passageiros a bordo. Tudo transcorreu normalmente, incluindo a ascensão ao nível de voo previsto (FL240).

Todo voo foi realizado em condições meteorológicas visuais. Não houve avisos para informações significativas meteorológicas (SIGMET) ou informações meteorológicas do aviador (AIRMET) válido para a área ao longo da rota prevista do voo.

4.2 O Acidente

Quando já estava nivelado a 24.000 pés de altitude, a aeronave sofreu separação de parte superior da fuselagem, resultando em descompressão explosiva e dano estrutural grave. Uma aeromoça (única vítima fatal) foi sugada para fora da abertura na fuselagem e seu corpo nunca foi encontrado. Foi realizada uma descida de emergência e, em contato com os órgãos de controle, o avião conseguiu pousar em segurança, Figura 3.



Figura 3 – Acidente do Boeing 737 da Aloha Airlines.

4.3 Falhas encontradas referentes a manutenção

Falhas do programa de manutenção da Aloha Airlines para detectar a possibilidade de descolamento e danos por fadiga, que conduziram a uma falha da articulação e a consequente separação de parte superior da fuselagem, foram constatadas como os principais fatores contribuintes para o acidente. Após o relatório final, verificou-se ainda, falhas da Aloha Airlines para supervisionar adequadamente a sua equipe de manutenção, bem como, da FAA para avaliar adequadamente o programa de manutenção que era utilizado, Figura 4.



Figura 4 – Investigação das causas do acidente do Boeing 737 da Aloha Airlines.

4.4 A história se repete no ano de 2011

Mesmo após os ensinamentos colhidos no acidente da Aloha Airlines e consequentes modificações nos regulamentos e normas, as quais, sem dúvida, proporcionaram um melhor padrão de segurança, no dia 01 de abril de 2011, um voo da Southwest Airlines Flight (B737-700), que realizava uma ponte aérea entre Phoenix e Sacramento, nos EUA, sofreu uma grande perda de pressurização devido a uma abertura na parte superior de sua fuselagem. Tão logo a tripulação descobriu o buraco, o voo foi desviado para o aeroporto de Yuma, no Arizona, tendo efetuado um pouso de emergência.

Após este incidente, a Southwest Airlines Flight resolveu fazer uma minuciosa inspeção em outras aeronaves do mesmo modelo, pertencentes a sua frota, sendo que foram encontradas pequenas rachaduras (semelhantes às que teriam provocado à ruptura anterior da fuselagem) sob a superfície, em três aeronaves, segundo afirmaram autoridades americanas.

5. CONCLUSÃO

Não resta dúvida de que sempre que pensamos em aeronaves, automóveis, trens, navios e tantas outras máquinas, na grande maioria das vezes ficamos apenas impressionados com a qualidade do projeto mecânico, dos materiais envolvidos e, por vezes, dos processos de fabricação e montagem. Entretanto, além dessas etapas, existem as fases de inspeções e manutenções que sempre devem ser previstas e cumpridas.

Um dos avanços tecnológicos mais importantes na engenharia pode ser atribuído aos ensaios não destrutivos. Eles investigam a sanidade dos materiais sem, contudo destruí-los ou introduzir quaisquer alterações nas suas características, tornando-se importantíssimos em nossas vidas.

O principal motivo de todo esse elevado grau de tecnologia e principalmente, de padrões que devem ser não só escritos, mas principalmente seguidos por todos aqueles responsáveis, é o de manter a segurança e com isso assegurar e proteger a vida daqueles que dependem do bom funcionamento dessas máquinas.

6. REFERÊNCIAS

1 - BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **INSTRUÇÃO SUPLEMENTAR – IS Nº 43.13-003 (Revisão C)** – Ensaio Não Destrutivos na Manutenção de Produto Aeronáutico. DOU - 27 set. 2013.

2 - BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **INSTRUÇÃO SUPLEMENTAR – IS Nº 145.163-001 (Revisão A)** – Qualificação e Autorização em Ensaio Não Destrutivos na Manutenção de Produto Aeronáutico. DOU - 27 set. 2013.

3 - OLIVEIRA, Luciano Santa Rita – Prof. **Nota de Aula – END - 2013** – Disponível em: http://www.lucianosantarita.pro.br/Arquivos/Notas_aula_END_2013.pdf Acesso em: 13 fev. 2014.

4 - **Aloha Flight 243 - Air Disaster**. Relatório da Aeronave Acidentada em 1988 - Disponível em: <http://www.aloha.net/~icarus/>. Acesso em: 11 fev. 2014.

5 - **Southwest Airlines Flight 812 – Acidente Aéreo**. Página na internet BBC Brasil, de 04 Abr 2011 - Disponível em: http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2011/04/110404_avioes_rachaduras_southwest_rw.shtml. Acesso em: 11 fev. 2014.

6 - **Southwest Airlines Flight 812 – Acidente Aéreo.** Página na internet Jornal Folha de São Paulo, de 02 Abr 2011 - Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/mundo/2011/04/897518-southwest-cancela-300-voos-apos-pouso-de-emergencia-nos-eua.shtml>. Acesso em: 11 fev. 2014.

Abstract - This study aims to address the importance of inspections on aircraft, especially those made through methods using non-destructive testing. Non-destructive testing - END - is set to an examination of an object by a technique that does not affect the future use of it. A definition which comes from the American Society Nondestructive Testing (ASNT). This type of test is used to check whether there is discontinuity or defects in materials through defined physical principles, without changing its physical, chemical, mechanical or dimensional and without interfering in their later use. Not affect the materials subjected to the tests, the same, help reduce costs for increased inspection reliability in service and maintenance, manufacturing and assembly. Based on this definition, further points up the importance of these procedures for aviation safety. Concepts will be presented, some of the rules governing END in civil aviation, necessary qualifications to perform these procedures and a milestone in aviation, which led to the creation and modification of standards.