



A MITIGAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE TRINCAS PREMATURAS EM AERONAVES COMERCIAIS PELA GESTÃO DOS PROCESSOS DE PINTURA NAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO PERIÓDICA

LAMENTE, Nelson Francisco*; **ALBUQUERQUE, Edigar de Souza**¹; **SANTOS, Joéffisson Saldanha dos**

¹ Faculdade de Engenharia de Minas Gerais (FEAMIG)

* e-mail: nflamente@golnaweb.com.br

Resumo: *A atividade de pintura compõe importante etapa na manutenção de aeronaves. Os processos adequados executados por uma equipe técnica bem ordenada e com formação adequada evitam até mesmo desastres aéreos, considerando os riscos de danos às estruturas das aeronaves. As atividades de manutenção são um elemento constante na gestão de aeronaves comerciais. São regidas por marcos legais e ainda pela necessidade imanente da própria tecnologia aeronáutica. A aplicação incorreta das orientações técnicas para a atividade de pintura compromete todo o sistema de voo, podendo ocasionar ou ocultar falhas na carenagem ou em peças fundamentais da aeronave mal gerida. O estudo consultou profissionais do setor de manutenção sobre a formação relativa ao exercício de sua atividade de pintura de aeronaves, identificando as melhores saídas para arrefecer o número de ocorrências de trincas prematuras em aeronaves comerciais. Os resultados revelam que a formação técnica ainda é elemento decisivo nesse processo.*

Palavras-chave: *Manutenção de aeronaves, Gestão de processos de pintura de aeronaves, Trincas prematuras.*

1. INTRODUÇÃO

A navegação por via aérea tem se tornado nos últimos anos o meio de transporte mais rápido e eficiente, tornando-se foco de grande interesse por um número considerável da população. Com a crescente demanda por passagens, e por consequência, a necessidade da aeronave estar disponível para o voo no horário estipulado, as empresas aéreas têm investido em treinamento de seu pessoal operacional, incluindo-se setores vitais como manutenção, operações, cargas, dentre outros. Esse treinamento visa, além da reciclagem natural e específica de cada área, engajar todos no quesito mais importante de uma empresa aérea, a segurança.

Essa segurança é praticada em qualquer ação tomada por um colaborador nas tarefas que envolvem diretamente uma aeronave, sendo estas ações executadas por pessoal altamente qualificado e com rigoroso controle de qualidade para aprovação de retorno ao serviço de uma aeronave. Contudo, a preocupação das empresas de aviação em disponibilizar para o setor de operação (linha), dentro dos prazos estabelecidos, as aeronaves que adentram aos hangares para cumprimento das tarefas programadas de manutenção têm sido fortemente afetadas nos últimos anos devido aos danos detectados durante o processo de pintura.

Esse processo de pintura pode parecer o menos provável de serem suspeitos de causar problemas estruturais em aeronaves, mas, pelo menos, trinta e dois *Boeing 737*, quatro *747* e sete *757* foram examinados e detectado fissuras de fadiga que poderiam resultar de procedimentos específicos para o processo de pintura.

A utilização de ferramentas não apropriadas utilizadas durante o processo de pintura tem trazido grandes prejuízos para os operadores, chegando até mesmo a forçar uma ‘aposentadoria’ precoce de uma aeronave. A presente pesquisa visa analisar práticas de manutenção e pintura de aeronaves considerando que nestes setores existe uma enorme possibilidade de uma aeronave apresentar riscos na fuselagem, provocados por metal pontiagudo, o que pode causar, em um determinado tempo, uma descompressão repentina, e por consequência perda de controlabilidade da aeronave.

Assim sendo, definiu-se como Problema de Pesquisa encontrar as possíveis relações entre a aplicação inadequada de pintura de aeronaves e o surgimento de trincas prematuras em fuselagem destas aeronaves.

O principal objetivo deste estudo foi analisar as possíveis causas onde falhas podem aparecer durante o processo de pintura de aeronaves, os quais têm levado a ocorrências de trincas prematuras em fuselagem de algumas aeronaves. E se orientou pelos seguintes objetivos específicos:

- a) Mapear o processo de pintura em aeronaves;
- b) Descrever as especificações/regulamentações para a atividade de pintura da fuselagem;
- c) Identificar possíveis causas para o aparecimento de trincas nas aeronaves;
- d) Cotejar treinamento recebido pela equipe com as práticas desenvolvidas na manutenção.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Desde a Revolução Industrial no século XVIII, o setor industrial sentiu a necessidade de desenvolver uma Engenharia de Manutenção, a fim de que pudesse assegurar um controle das forças produtivas (DHILLON, 2002). Isso ocorreu porque as fábricas inglesas começaram a substituir os processos mecânicos geridos por forças motrizes do trabalho humano por maquinarias e artefatos que convertessem a energia térmica em trabalho. As ‘máquinas a vapor’ se tornaram uma realidade imprescindível ao cenário fabril, o que abriu espaço para uma nova demanda – assegurar o pleno funcionamento das máquinas. Uma vez essas inoperantes, todo o sistema produtivo viria a falir, inevitavelmente (NIEBEL, 1994).

Em virtude disso, Dhillon (2002) assevera que o processo de manutenção e sua respectiva engenharia estão ligados às forças produtivas e ao mundo econômico. Isso se acentuou ainda mais no século XXI, quando as inovações tecnológicas imergiram-se em praticamente todos os processos produtivos. Não somente isso, assegurar uma boa manutenção se tornou sinônimo de competitividade, ao passo que o sentido maior é tornar os sistemas cada vez mais complexos e confiáveis.

Apesar de atuarem sob o mesmo objetivo final, a Engenharia de Manutenção e a Atividade de Manutenção são coisas distintas (DHILLON, 2002). Enquanto a primeira trata de uma função analítica, que estuda as melhores e mais eficientes práticas de manutenção, a segunda as executa seguindo rigorosamente os procedimentos estabelecidos pela engenharia.

A contextualização do Problema teve como base um evento datado em 28 de abril de 1988, onde a aeronave *Boeing B-737-297* REG N73711, da empresa *Aloha Airlines* fez um pouso de emergência em uma determinada cidade no leste dos EUA com a ausência da parte superior da fuselagem. Esse pouso de emergência foi devido à perda de parte superior da fuselagem dessa aeronave.

Após os levantamentos da autoridade competente (FAA – Federal Aviation Administration) verificou-se que uma das causas prováveis deste incidente foi fadiga de material. Análises metalúrgicas indicaram maior presença de fadiga em áreas onde as juntas da

fuselagem são sobrepostas, áreas de instalação de decalques e áreas onde houve reparos estruturais.

No aprofundamento das análises metalúrgicas percebeu-se que havia riscos nas áreas de maior concentração de fadiga, exatamente nas bordas da área desprendida que ocasionou esse incidente. Conclui-se que o próprio ciclo de pressurização das aeronaves potencializa a possibilidade desses ‘riscos’ se tornarem trincas, agindo como um *zíper*, e por consequência perda de grande parte da fuselagem. Além disso, estudos minuciosos comprovaram que os riscos foram causados por metal pontiagudo, utilizados provavelmente durante o processo de pintura de uma aeronave, durante a fase de decapagem. A aplicação do decapante no intuito de remoção da pintura também agride a selagem que é de aplicação obrigatória nas juntas sobrepostas, e em reparos estruturais com a finalidade de evitar o ingresso de contaminantes nessas áreas. Com a selagem agredida, faz-se necessário sua remoção, limpeza e nova aplicação. Devido à dificuldade da remoção da selagem agredida é possível que mecânicos tenham utilizado uma ferramenta não homologada (metal pontiagudo) para essa remoção, causando assim os referidos riscos que provavelmente induziram as trincas e consequentemente perda de parte da fuselagem.

2.1. Estruturas de aeronaves

As aeronaves se desenvolveram muito em pouco mais de um século de existência. Os sistemas de navegação integrados, os dispositivos computacionais de controle e a estrutura dos aviões se desenvolveram significativamente. Para este trabalho, optou-se por estudar a estrutura de uma aeronave comercial de porte médio, demonstrando como se apresenta estruturalmente.

Uma aeronave comercial se divide estruturalmente em cinco grandes áreas: fuselagem, asas, estabilizadores, superfícies de controle e trem de pouso.

De modo geral, é possível compreender a estrutura das aeronaves comerciais como um conjunto de elementos bem integrados e testados para pleno funcionamento. Inclusive a pintura, aparentemente um recurso meramente estético, torna-se componente indispensável à aeronave e ao voo com segurança. A ausência da pintura ou seu uso de forma incorreta pode significar o comprometimento da segurança da aeronave. Por isso, todos os componentes, inclusive a pintura, tornam-se elementos indispensáveis no processo de manutenção de uma aeronave.

2.2. Manutenção em aeronaves

Sabe-se que a manutenção de aeronaves é fator crucial para garantir a segurança de uso e os rigorosos padrões de funcionamento fornecidos originalmente pelos fabricantes (SHEPHERD; PARKER, 1989). Por essa razão, o processo de manutenção é parametrizado internacionalmente e é motivo de estudos em diversos campos da engenharia, na tentativa de programar soluções cada vez mais eficientes no trato com o desgaste natural decorrente do uso ou de falhas humanas em processos diversos.

O Manual de Técnicas de Manutenção Aeronáutica (*Aviation Maintenance Technician Handbook*), desenvolvido pela FAA em 2008, guarda um capítulo inteiro para tratar de aspectos relacionados a fundamentos de inspeção. Dentre as várias inspeções de rotinas requeridas para aviação civil, constam as exigências de que os pilotos são os responsáveis para designar quando é necessária uma análise da aeronave, assim como, em cada voo, é realizada uma inspeção. E, seguindo os dados do *Code of Federal Regulations* (CFR) variando de acordo com o tipo e função dos dispositivos, sua revisão, em geral, deverá ser feita em, no máximo, um prazo de 12 (doze) meses (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2008).

2.3. Pinturas em aeronaves

Uma prática comum das companhias aéreas era a cobertura das camadas antigas de tintas com uma nova. As próprias diretrizes da FAA consideravam suficientes somente inspeções visuais. Mas, como alertam Shepherd; Parker (1989) há um *case* de um *Boeing 737* que, a exemplo do avião da *Aloha Airlines*, escondia em suas três camadas de tinta em uma fina cobertura de 1,19 mm uma rachadura de mais de 127 cm. Diante disso, operacionalizou-se a remoção da tinta antiga para realização da revisão antes de efetivamente recobri-la com nova tintura.

Esse processo de remoção de tinta, também deve seguir especificações adequadas e procedimentos específicos, sob o risco de também trazer riscos de danos precoces a peças específicas, causando trincas e danos diversos (ANDREWS, 2014). A aplicação inadequada do removedor em quantidades ou composições químicas específicas podem danificar as juntas ou a aplicação da nova película.

Em geral, são listados nove problemas que devem ser considerados na pintura de aeronaves, a fim de que não haja falhas decorrentes da pintura. São elas: Problemas de Adesão,

Blushing, Tinta escorrida, Pele de laranja, Bolhas de solvente, Olho de peixe, Riscos de areia, Rugas e *Spray seco*.

2.4. Trincas na fuselagem

Uma simples falha milimétrica na cobertura de tinta, ou seu excesso acumulado em uma junta, é capaz de ampliar o *stress* ao qual é submetida uma determinada peça e, conseqüentemente, proporcionando formação de trincas (ESAKLUL, 2002). A Figura 1 a seguir representa como se dá a expansão de fraturas em peças em formato de taça/cone, em que uma simples falha de pintura pode aumentar a tensão sobre um ponto ou promover o atrito. Quando não identificado, com o tempo e uso, chega à total ruptura.

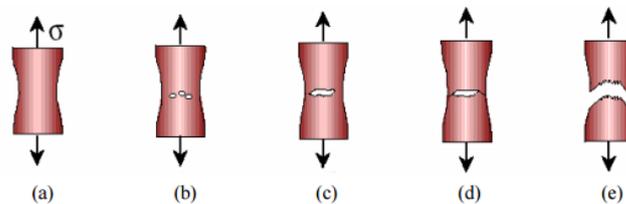


Figura 1 – Estágios de fratura em taça e cone. Fonte: MELLO, 2005, p.8

No caso da Figura 1 acima, a passagem de (a) até (e) tem uma temporalidade variável, dependendo das condições às quais são submetidas as trincas (ANDREWS, 2014).

Com o tempo, é esperado que determinados componentes se desgastem e, conseqüentemente necessitem de serem substituídos ou reparados. Essa análise é desenvolvida com bases no papel que cada um realiza em cada ciclo e, conseqüentemente, nas cargas envolvidas em sua operação.

3. ATIVIDADE DE PESQUISA

A presente pesquisa pode ser classificada quanto aos fins como exploratória, visto que teve como objetivo analisar e observar ações práticas que auxiliam o processo de manutenção, no tocante às trincas prematuras e pinturas de aeronaves. Assim, pode ser classificada, quanto aos meios, como pesquisa de campo, pois este trabalho foi desenvolvido dentro da rotina e realidade de um centro de manutenção de aeronaves. Através dos fenômenos estudados, os pesquisadores

tiveram acesso às informações e condições reais vivenciadas dentro do centro de manutenção de aeronaves estudado.

3.1. Organização em estudo

O ambiente onde o objeto de pesquisa está inserido encontra-se na empresa brasileira Albuquerque Airlines (*Nome fictício*). Localizada na Região Metropolitana de Belo Horizonte do estado de Minas Gerais.

É uma empresa de aviação comercial, e sua principal atividade é o transporte de passageiros e cargas. Possui 14 aeronaves EMB 120, 12 aeronaves *Boeing 737-700* e 32 aeronaves *Boeing 737-800 – Next Generation*.

O método amostral realizado é o não probabilístico.

Foi realizada uma pesquisa de campo através de observação e visitas ao centro de manutenção e pintura, onde se deu o estudo, podendo assim verificar como ocorre o processo de manutenção e pintura das aeronaves. Os processos foram registrados a partir da realização de entrevista com o engenheiro de manutenção e da aplicação de formulários para 50 (cinquenta) funcionários do centro de manutenção e do setor de pintura. Além disso, deve-se considerar que um dos autores foi observador participante, uma vez que é funcionário da empresa em estudo.

4. RESULTADOS ENCONTRADOS

Os resultados encontrados na pesquisa se aproximam do que defende a literatura. Levando à conclusão de que à medida que são melhorados os processos de controle da manutenção preventiva, especialmente as atividades de pintura, menores são os resultados de trincas prematuras decorrentes de falhas nas etapas de pintura e manutenção das aeronaves. Além disso, o resultados podem ser agregados em função dos objetivos traçados com a pesquisa.

4.1. Mapeamento do processo de pintura em aeronaves

A etapa de pintura de aeronaves consiste em uma importante fase do processo de manutenção, pois sua aplicação não atende exclusivamente ao apelo estético. A plástica contida em sua aplicação ao campo da aparência é apenas um propósito secundário e a estética,

terciário. Os respondentes foram claros ao defender a importância do processo de pintura na proteção da fuselagem (casco) e de alguns componentes das aeronaves que ficariam expostos às intempéries de cada ciclo, se não fossem pela película de proteção gerada pela tinta aplicada na pintura.

Diante das observações realizadas e da pesquisa empreendida foi possível mapear o processo de manutenção de aeronaves, especialmente atentando à fase de pintura de aeronaves, considerando os marcos legais e às previsões dos fabricantes.

A escolha dos processos adequados às condições de cada superfície, também levam em consideração o estudo do produto que será utilizado para pintura, que converterá o revestimento orgânico em um filme sólido após a secagem. Desse modo, deve-se considerar, além disso, os níveis de concentração dos compostos de uma tinta. De posse dessas informações, é possível designar a metodologia mais adequada para cada processo de pintura, bem como os equipamentos necessários para efetivamente realizar a atividade de pintura.

A primeira fase consiste na aplicação de solventes e remoção da tinta antiga presente na aeronave. É fundamental a remoção de toda a tinta antiga, seja por aplicação química ou por ação física, como lixamento e raspagem, ou mesmo ambos. Todos são bem categóricos ao afirmarem da necessidade desta etapa e do cumprimento das exigências por parte do fabricante, que estabeleceu métodos e procedimentos a serem seguidos, assim como ações corretivas em caso de qualquer discrepância.

4.2. Descrição das especificações/regulamentações para a atividade de pintura da fuselagem

Os respondentes são bem claros em afirmar que suas ações seguem rigorosamente as exigências do fabricante e também dos marcos legais que regulamentam essa função. No entanto, ressaltam que as normas quanto às pinturas são menos rígidas que as de automóveis, afinal, o proprietário tem total liberdade para a pintura e customização de suas aeronaves, desde que respeite o estabelecido para identificação dos aviões.

Contudo, os componentes críticos continuam com um tratamento especial. Ou seja, cada fabricante de peças que tenham tempo de vida limitado ou prazo determinado para inspeções ou outros procedimentos diversos especificados nas limitações de aeronavegabilidade pertinentes nos manuais de manutenção elaborados pelos fabricantes ou exigidos pelas autoridades legais deve fornecer números de identificação e de registro que também devem

estar respeitados nos processos de pintura. Em outras palavras, peças críticas devem permanecer com suas inscrições intactas e visíveis.

4.3. Aparecimento de trincas prematuras nas aeronaves

De acordo com a opinião dos respondentes, as possíveis causas para o aparecimento de trincas prematuras em aeronaves estão diretamente relacionadas a falhas procedimentais e ao uso incorreto de equipamentos. Os profissionais envolvidos com a pintura de aeronaves passam por um exaustivo treinamento, para que sigam todos os procedimentos necessários com perícia e evitando danos à estrutura da aeronave. Em algumas ações, o uso incorreto das pistolas pneumáticas, por exemplo, gera acúmulos de tinta sobre determinadas superfícies, o que causará aumento de tensão no atrito com o ar, durante os voos.

Outro ponto de destaque é o cumprimento das determinações dos fabricantes. Muitos proprietários preferem ignorar os prazos e os processos regulares de manutenção, em função dos altos custos e isso gera aumento de falhas críticas nas aeronaves que facilmente seriam poupadas com ações preventivas.

4.4. Impacto do treinamento sobre as práticas desenvolvidas na manutenção

As atividades de treinamento se mostram fundamentais para o exercício das atividades de manutenção de aeronaves. Conforme a opinião dos respondentes, o treinamento é muito bem desenvolvido dentro da empresa, sempre havendo oportunidades de aprimoramento, reciclagem e progressão na carreira, que, aliás, é meritocrática, ascendendo os profissionais à medida que se preparam mais e recebem maiores números de certificações.

Parece uníssona a opinião de que os conteúdos apresentados nos cursos são rapidamente implementados no cotidiano das funções laborais, criando um processo de contínuo avanço e melhoramento das técnicas sobre as práticas recorrentes de pintura.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de pintura de aeronaves é muito sutil e requer o fiel cumprimento de diversas etapas consagradas em manuais dos fabricantes e nos roteiros de práticas operacionais padrões. Por isso, faz-se necessário que haja uma parametrização das atividades produtivas, de modo a

se dirimir o imprevisto, a multiplicidade de ações para resolução de um mesmo problema e a condução arbitrária do processo de pintura. Sabe-se que qualquer distanciamento dessa conduta resulta no aumento do potencial de falhas processuais na atividade de pintura e, conseqüentemente, a exposição da aeronave ao desgaste e ao surgimento de trincas prematuras.

Diante do exposto, observou-se que as possíveis causas onde falhas podem aparecer durante o processo de pintura de aeronaves, os quais têm levado a ocorrências de trincas prematuras em fuselagem de algumas aeronaves, estão intimamente relacionados à formação da equipe técnica, documentação das atividades operacionais, à atividade de inspeção do cumprimento dos manuais e o tempo disponível para realização das atividades.

Foi possível observar, com este estudo, que a empresa estudada está dentro das expectativas legais e dos ditames dos fabricantes de aeronaves, bem como às principais certificações de qualidade necessária para esta atividade. No entanto, foi possível observar, que, mesmo com todo o rigor empregado, falhas operacionais parecem inevitáveis. Logo, algumas medidas de contenção podem ser tomadas, tais quais revisões nas práticas de inspeção, nos tempos de produção, na formação da equipe técnica, na documentação das tarefas e nos seus registros.

Contudo, neste contexto, entra a lei de mercado, que, frente à concorrência, compromete a boa vontade da instituição em elevar seus padrões, já que isso implica na elevação de custos. Não obstante, parece necessário que os marcos regulatórios, ou seja, as leis sejam revistas. Porque elas parecem balizar o nível mínimo de qualidade e de rigor das atividades aeronáuticas de manutenção. Porém, o ciclo parece não encerrar por aí, afinal, uma alteração na legislação incorreria no aumento dos valores da aviação comercial, o que não é popular para qualquer governo. Portanto, trata-se de uma questão não puramente técnica, mas também econômica e política.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALOHA AIRLINES. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Aloha_Airlines_Flight_243>. Acesso em: 15 fev. 2015.

ANDREWS, S. Aircraft Paint Application Manual. Bloomington: PTI Press, 2014.

DHILLON, B. S. Engineering maintenance: a modern approach. Nova Iorque: CRC Press, 2002.

ESAKLUL, K. A. Handbook of case histories in failure analysis. 3. ed. Materials Park: ASM International, v. III, 2002.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Aviation maintenance technician handbook. Nova Iorque: FAA, 2008. p. 8-15. Disponível em: <http://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/amt_handbook/>. Acesso em: 26 abr. 2015.

NIEBEL, B. W. Engineering maintenance management. Nova Iorque: Marcel Dekker, 1994.

SHEPHERD, W. T.; PARKER, J. F. Proceedings of the first meeting on human factors issues in aircraft maintenance and inspection. human factors issues in aircraft maintenance and inspection. Daytona Beach: Embry-Ridle Aeronautical University. 1989.

MITIGATION OF PREMATURE CRACKS ON COMMERCIAL AIRCRAFTS BY MANAGING PAINTING IN REGULAR MAINTENANCE PROCESSES

LAMENTE, Nelson Francisco*; ALBUQUERQUE, Edigar de Souza¹; SANTOS, Joéffisson Saldanha dos

¹ Faculdade de Engenharia de Minas Gerais (FEAMIG)

* e-mail: nflamente@golnaweb.com.br

Abstract: *The painting activity consists in an important step in the aircrafts maintenance. The right processes performed by a well-ordered technical and trained team even avoid air disasters, considering the risk of damage to the aircraft structures. The maintenance activities are a constant element in the management of commercial aircrafts. They are governed by legal frameworks and by the immanent necessity of their own aircraft technology. The incorrect application of the technical guidelines for the painting activity compromises the entire flight system, which may cause or hide flaws in the fairing or in fundamental pieces of a mismanaged aircraft. The study consulted professionals from the maintenance sector on training regarding the exercise of its aircraft painting activity, identifying the best solutions to reduce the number of occurrences of premature cracks in commercial aircrafts. The results show that the technical formation is a decisive element in this process.*

Keywords: *Aircraft maintenance, Aircraft painting processes management, Premature cracks.*