

ANÁLISE DE ACIDENTES AÉREOS BRASILEIROS MOTIVADOS POR CORROSÃO NO PERÍODO DE 2015 A 2020.

DOI 10.37619/issn2447-5378.v7i1.327.27-39

K.B.R. Garcia^{1, *}; H.H. Bernardi¹; R.C.M. Sales-Contini¹

1 Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos - Professor Jessen Vidal
Av. Cesare Mansueto Giulio Lattes, 1350 - Eugênio de Melo, São José dos Campos/SP,
CEP.: 12247-014, Brasil.
Telefone: (12) 3905-2423

*klaus.garcia@fatec.sp.gov.br

RESUMO. Em vista do elevado número de falhas causadas por corrosão em componentes aeronáuticos e dos altos valores empregados no combate e reparação da mesma neste setor, vê-se a necessidade de uma análise mais detalhada sobre o assunto. O presente estudo refere-se ao levantamento de acidentes aéreos causados pela falha de componentes e/ou sistemas aeronáuticos devido à corrosão química, sendo baseado nos relatórios finais emitidos pelo CENIPA relativos aos últimos cinco anos no Brasil. Cada um dos acidentes foi brevemente detalhado, com suas causas, dados das aeronaves e vítimas. Por fim, foi ressaltado a importância de uma manutenção e inspeção adequadas quanto a corrosão nas aeronaves.

PALAVRAS-CHAVE: acidente; aeronáutico; corrosão.

ABSTRACT. In view of the high number of failures caused by corrosion in aeronautical components and the high values used to combat and repair it in this sector, there is a need for a more detailed analysis on the subject. The present study refers to the survey of air accidents caused by the failure of aeronautical components and / or systems due to chemical corrosion, being based on the final reports issued by CENIPA for the last five years in Brazil. Each of the accidents was briefly detailed, with their causes, data from the aircraft and victims. Finally, the importance of proper maintenance and inspection for aircraft corrosion was stressed.

KEYWORDS: accident; aeronautical; corrosion.

1. INTRODUÇÃO.

O transporte aeronáutico é reconhecido mundialmente como o mais seguro do mundo, e isso se deve aos intensos e rígidos programas de manutenção. Existem diversos programas de manutenção envolvendo cada sistema, componente ou estrutura, que são projetados e definidos pelo fabricante da aeronave. Os operadores da aeronave são responsáveis pela realização ou terceirização das operações de manutenção de acordo com as especificações do fabricante.

Um dos programas de manutenção é exclusivamente sobre a saúde estrutural da aeronave (*Structural Health Monitoring – SHM*), que envolve a verificação de falhas estruturais, como por exemplo, trincas e corrosões. A não realização correta deste programa pode levar a falhas catastróficas de sistemas e/ou componentes, resultando em acidentes.

Nos últimos vinte anos no setor aeroespacial, as ligas de aço vêm sendo substituídas pelas ligas de alumínio, ligas de titânio e materiais compósitos e poliméricos. Entretanto, ligas de aço continuam sendo majoritariamente utilizadas na produção de propulsores aeronáuticos. Se os componentes de aço não forem devidamente protegidos, em presença de umidade, irão estar mais

propensos à corrosão. Ligas de aço de baixo carbono são passíveis a oxidações superficiais, *pitting* e corrosão intergranular. Já nas ligas de alumínio, muito utilizadas em longarinas, reforçadores e revestimento, a corrosão pode ser dos tipos: superficial; galvânica; intergranular; esfoliação sob tensão; crêvice ou fenda; e por atrito [1].

No geral, o processo de corrosão na estrutura de aeronaves ocorre devido à uma combinação de fatores como a suscetibilidade do material utilizado à corrosão, a utilização ou não de um sistema de proteção adequado e a exposição da estrutura à ambientes agressivos. A utilização de ligas metálicas leves, como a de alumínio, que atualmente são muito utilizadas na fabricação de aeronaves modernas pode facilitar o processo de corrosão, pois são materiais altamente reativos à contaminantes atmosféricos, como os presentes na atmosfera salina das regiões costeiras e os contaminantes industriais das áreas urbanas [2].

Baseado nas considerações acima, foi feito um levantamento sobre acidentes aeronáuticos no Brasil nos últimos cinco anos, resultantes exclusivamente de falhas provindas de corrosões.

1.1. CENIPA

O Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) foi criado em 1971, por meio do Decreto nº 69.565, como órgão central do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER). É o órgão do Comando da Aeronáutica responsável pelas atividades de investigação de acidentes aeronáuticos da aviação civil e da Força Aérea Brasileira. Anualmente, o CENIPA desenvolve atividades educacionais, operacionais e regulamentares para alcançar sua missão [3].

1.2. Acidente Aeronáutico

Acidentes aeronáuticos podem ser definidos como todo acidente envolvendo aeronave tripulada (desde o momento de embarque até o desembarque de pessoas) ou não tripulada. Na circunstância de “acidente aeronáutico”, se encaixam os seguintes acontecimentos: caso alguém sofra lesão grave ou chegue até mesmo ao óbito em consequência de estar a bordo; ocorram danos ou falhas estruturais que afete substantivamente o desempenho da aeronave; se encontre desaparecida, ou esteja em local completamente inacessível [3, 4].

1.3. Falha

Uma falha pode ser definida como a falta de capacidade de um componente em desempenhar sua função, entretanto, esta definição não necessariamente resulta em fratura [5].

O fracasso repentino e total sem possibilidade de recuperação de um componente é denominado como falha catastrófica. Geralmente, a falha catastrófica é apresentada horas, meses ou possivelmente anos após a fabricação do componente ou estrutura e seus resultados não apresentam sinais antes de ocorrer [6].

As falhas podem ser classificadas como falhas por deformação (ocorrem mudanças no formato ou de dimensões físicas de um componente), falhas por fratura (ocorre a separação do componente em duas ou mais partes), falhas por desgaste (há perda de material da superfície devido a abrasão ou adesão entre superfícies) e falhas por corrosão (há perda de material em função de ação química) [7].

Segundo Petrović [8], a fadiga é o mecanismo de falha que ocorre com maior frequência em componentes de aeronaves (55%), mecanismo esse que é encabeçado pela iniciação de trincas na região de maior concentração de tensão do componente (de natureza geométrica e/ou metalúrgica), seguido da propagação das trincas formadas que leva, por fim, à falha catastrófica da peça [5, 8]. A vida em fadiga de um componente é influenciada por diversos fatores como a tensão média imposta ao material, sua tenacidade à fratura, acabamento superficial, espessura, microestrutura e presença de meios corrosivos [2]. Um meio agressivo diminui a resistência à fadiga de um componente e um

ataque corrosivo no material provoca a formação de pontos de concentração de tensões, facilitando assim a formação de trincas e diminuindo o tempo de formação das mesmas. Dessa forma, infere-se que a corrosão pode ter uma grande influência no processo de fadiga [2].

O mecanismo de falha por corrosão aparece logo em seguida, ocorrendo com uma frequência de 25% em componentes de aeronaves, como observado na Tabela 1. A detecção e retificação de danos causados por corrosão em serviço em estruturas aeronáuticas consomem mais esforços do que reparos relacionados a falhas por fadiga [9]. Anualmente, milhões de reais são gastos pela indústria aeronáutica em reparações e manutenção dos aviões devido à corrosão e grande parte desses custos podem ser associados à falta de informação e devida atenção à gravidade do assunto [2]. A realização de procedimentos que combatam e controlem a corrosão é fator primordial na segurança das operações realizadas por uma aeronave e também na sua conservação, prolongando assim o tempo de vida útil de um bem de consumo com alto valor agregado.

Por meio da análise de falhas é possível determinar os motivos e mecanismos que levaram um material a falhar e também recomendar soluções para o problema que é apresentado no Item 3 deste artigo.

Tabela 1. Frequência de mecanismos de falha em componentes de aeronaves. Adaptado de [8].

Mecanismos de Falha	Porcentagem das falhas (%)
Corrosão	16
Fadiga	55
Sobrecarga	14
Corrosão em alta temperatura	2
Corrosão sob tensão/fadiga	7
Desgaste/Abrasão/Erosão	6

1.4. Corrosão

A corrosão pode ser definida como uma degradação química superficial de um metal em contato com o meio propício [9]. Todos os metais estão sujeitos à corrosão e os danos causados pela mesma podem ser tanto superficiais (com ou sem deposição dos produtos da reação do material com o meio) ou internos [10]. Muitas vezes, o ataque corrosivo a um material, por exemplo, ataque de corrosão por *pitting*, pode gerar concentração localizada de tensão, o que possivelmente levará o material a falhar[9].

Os principais meios que favorecem a corrosão são os meios aquosos (águas naturais ou tratadas), os metais líquidos e sais fundidos e os gases [10]. Normalmente, o pH e a temperatura são fatores fundamentais na facilitação do desenvolvimento da corrosão.

Os principais tipos de corrosão são [11]:

- Corrosão por crêvice (ou fenda): é um tipo de corrosão severa que ocorre na interface de contato entre metais ou na borda de uma emenda, sendo esses materiais iguais ou não.
- Corrosão galvânica: esse tipo de corrosão ocorre entre metais desiguais que fazem contato elétrico na presença de um eletrólito. A corrosão ocorre no anodo e a redução ocorre no catodo.
- Corrosão por esfoliação: ocorre de forma longitudinal nas bordas dos grãos. É caracterizada pela perda de espessura do material por conta do inchaço e desprendimento de seus grãos. É muito comum em produtos forjados.
- Corrosão intergranular: ocorre ao longo do grão do material quando cargas são aplicadas de forma perpendicular às bordas dos grãos. Ligas de alumínio de alta resistência são propensas a esse

tipo de corrosão se tratadas de forma errônea durante sua produção e se expostas a meios corrosivos.

- Corrosão sob tensão: é a deterioração de materiais causada por ação conjunta de tensões mecânicas e meio corrosivo. Forma trincas no material, favorecendo sua ruptura. Muito comum em metais dúcteis.

- Corrosão por atrito (*Fretting*): devido ao movimento entre duas superfícies carregadas ou vibrações, ocorre a destruição de filme protetivo do material, o que deixa sua superfície exposta ao meio causando sua deterioração.

- Corrosão microbiológica: este tipo de corrosão ocorre pelo ataque de bactéria ou fungo e forma coberturas como tapetes ou glóbulos espalhados. Pode ser causada por combustível contaminado.

- Corrosão por *Pitting*: essa corrosão pode ser reconhecida pela presença de pequenos furos na superfície do metal. Dentro de uma fenda, esse tipo de corrosão crescerá numa razão maior que aqueles expostos na superfície, podendo resultar na iniciação e propagação de trincas por fadiga.

1.5. Prevenção à Corrosão

A prática de prevenção à corrosão é considerada a forma mais econômica de se garantir a adequada vida útil de uma estrutura, com menores custos de manutenção ao longo do tempo. Na prevenção de ataque corrosivo aos materiais, devem ser levados em consideração a umidade e a sujeira retida na estrutura, a presença de juntas soldadas, cavidades e frestas, acesso adequado a pintura inicial e manutenções posteriores, entre outros fatores [12].

As principais formas de prevenção à corrosão estão relacionadas a limpeza, manutenção e selagem das superfícies dos metais, aplicação de lubrificantes entre essas superfícies quando necessário, remoção de concentradores de tensão de furos e entalhes e modificação do ambiente e os processos mais utilizados são a proteção catódica e anódica, os revestimentos e os inibidores de corrosão [9, 12].

Em abril de 1988 um Boeing 737-200 operado pela *Aloha Airlines* sofreu uma descompressão durante voo de cruzeiro, a 24.000 pés de altitude, resultando na morte de uma tripulante. A falha estrutural de fadiga do revestimento externo da aeronave foi motivada por corrosão. Após o acidente foi desenvolvido pela FAA um modelo de Programa de Prevenção e Controle de Corrosão (*Corrosion Prevention Control Program – CPCP*), que veio a ser incluído em programas de manutenção preventiva de aeronaves no mundo todo. O CPCP aborda sistematicamente o controle de corrosão estrutural das aeronaves, visando a longevidade da vida útil das estruturas de aeronaves, garantindo sua aeronavegabilidade [13].

2. MÉTODO DE PESQUISA

Todo o levantamento de dados do estudo foi realizado a partir dos relatórios finais divulgados pelo CENIPA, que se encontram disponíveis ao público no *site* do órgão [3]. Para localizar os relatórios, deve-se entrar na área de “relatórios finais”, como mostra a Figura 1.

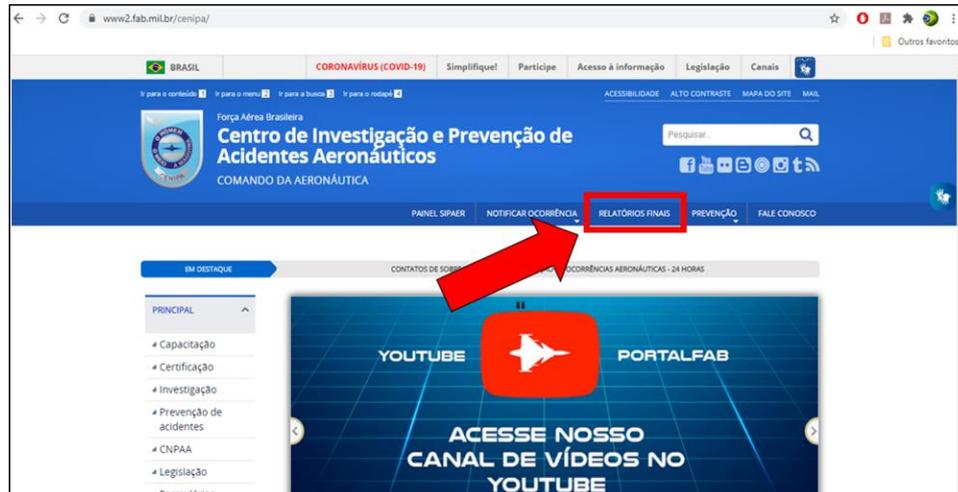


Figura 1. Página inicial do site do CENIPA [3].

Nessa área do *site*, existem relatórios finais de todos os acidentes, incidentes e incidentes graves que foram investigados pelo órgão desde o ano de 1962, constando o número do relatório, data da ocorrência, matrícula da aeronave envolvida, classificação (acidente, incidente ou incidente grave), tipo (o que foi a ocorrência, como por exemplo: pouso duro; perda de controle em solo; etc.), cidade em que ocorreu o fato, e unidade federativa em que ocorreu o fato, *link* para abrir o documento do relatório (podendo em alguns casos constar o relatório também em inglês), e recomendação.

Existe nesse momento a opção de refinar a busca dos relatórios em caixas no topo da página, sendo os filtros aplicáveis: Matrícula da aeronave; Número do relatório final; Data da ocorrência (podendo filtrar um período de tempo); Classificação; e Unidade federativa onde ocorreu o fato.

Foi então realizada a filtragem dos relatórios para atender os objetivos da pesquisa, utilizando-se da data e classificação, para que aparecessem todos os relatórios que fossem relevantes ao estudo. Na caixa de data, foi selecionado a data de 01/01/2015 até o dia da pesquisa, que foi realizada no dia 01/10/2020, e na caixa de Classificação, foi selecionado apenas “ACIDENTE”, como mostra a Figura 2.

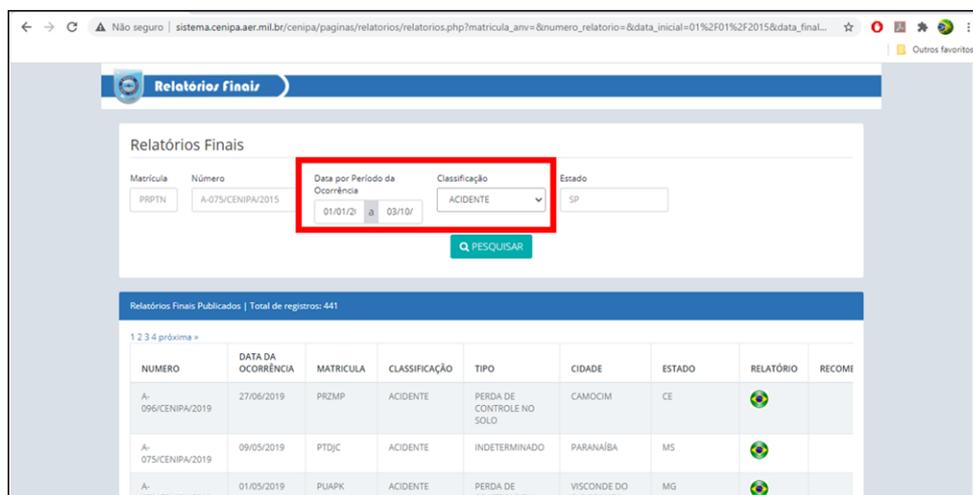


Figura 2. Área de busca dos relatórios finais do CENIPA [3].

Como resultado da filtragem, obteve-se todos os relatórios no período de tempo citado e com classificação de “ACIDENTE”, obtendo-se um total de 441 relatórios finais.

Após a busca, todos os relatórios foram lidos e interpretados, para que apenas os relatórios relevantes para o estudo fossem selecionados e armazenados em um único local. Dos 441 relatórios finais, 7 deles se enquadravam nos objetivos do estudo.

Os arquivos foram então reanalisados para que seus dados fossem computados em uma tabela, divididos entre os seguintes tópicos: Número do relatório; Data da ocorrência; Matrícula da aeronave; Modelo da aeronave; Operação; Causa do acidente; Número de vítimas; Descrição da ocorrência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando as informações coletadas dos relatórios finais, pode-se fazer uma relação de quais foram os acidentes provocados por corrosão.

Do total de 441 acidentes no período de tempo estudado, 7 deles foram motivados exclusivamente por corrosão, o que representa um percentual de aproximadamente 2% do total de acidentes, como mostra a Figura 3.

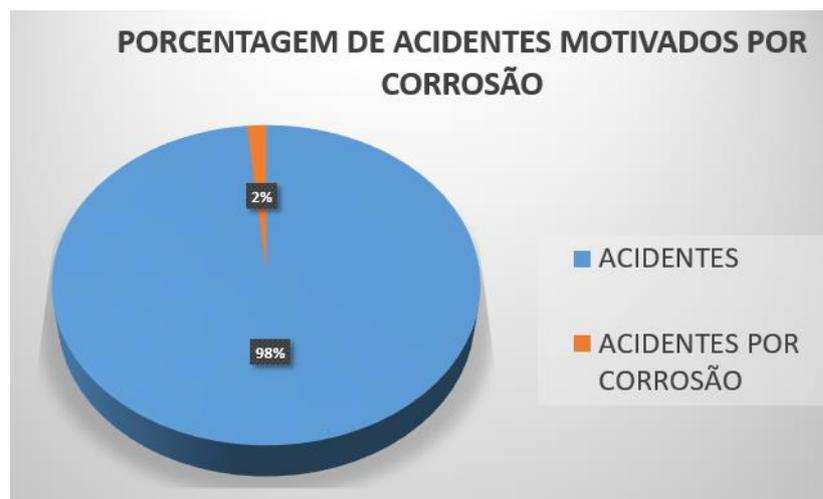


Figura 3. Gráfico de porcentagem dos acidentes no período estudado.

Na Tabela 2, são mostrados os relatórios finais relevantes para o estudo, que são referentes aos acidentes provocados por corrosão. Os dados serão então agrupados por suas causas e analisados nos itens 3.1 e 3.2.

Tabela 2. Relação dos relatórios finais.

Número do relatório	Data	Operação	Causa do acidente
A-100/CENIPA/2015	10/07/2015	Traslado	Falha de sistema
A-150/CENIPA/2015	11/11/2015	Traslado	Quebra de componente

A-158/CENIPA/2015	29/11/2015	Agrícola	Falha de sistema
A-043/CENIPA/2016	13/03/2016	Agrícola	Quebra de componente
A-052/CENIPA/2017	24/01/2017	Agrícola	Falha de sistema
A-023/CENIPA/2018	09/02/2018	Agrícola	Falha de sistema
A-068/CENIPA/2018	11/04/2018	Instrução	Quebra de componente

3.1. Falha de sistema

Dentre os 7 acidentes estudados, 4 deles foram causados por falha de sistema, sendo eles os evidenciados nos relatórios: A-100/CENIPA/2015; A-158/CENIPA/2015; A-052/CENIPA/2017; e A-023/CENIPA/2018.

Coincidentemente, os 4 relatórios apresentados nos itens 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 e 3.1.4 são sobre o sistema de alimentação de combustível das aeronaves envolvidas nos acidentes.

3.1.1. Relatório A-100/CENIPA/2015

O relatório A-100/CENIPA/2015 trata de uma aeronave bimotor modelo BN-2A-7 fabricada pela empresa *Britten Norman Limited*. A aeronave realizava um voo de traslado com 1 tripulante e 3 passageiros quando houve o apagamento do propulsor direito, o piloto então decidiu realizar um pouso de emergência em um campo plano com vegetação de capim. O tripulante e os 3 passageiros saíram ilesos do acidente, e a aeronave teve danos substanciais.

Na análise feita pelo CENIPA para averiguar o motivo do apagamento do propulsor, foi constatado o motivo: “a severa oxidação do elemento filtrante presente na bomba de combustível elétrica, bem como o alojamento da bomba de combustível do propulsor direito”, como mostra a Figura 4, o que levou a entupir a linha de alimentação.



Figura 4. Alojamento da bomba de combustível (esquerda) e elemento filtrante (direita) [14].

O recomendado pelo manual de manutenção seria a troca ou limpeza do elemento filtrante a cada 3 inspeções de 100 horas da aeronave, o que não pôde ser comprovado, pois a empresa

terceirizada que realizou a última manutenção da aeronave havia deixado de realizar serviços de manutenção em aeronaves.

3.1.2. Relatório A-158/CENIPA/2015

O relatório A-158/CENIPA/2015 trata de uma aeronave monomotor modelo EMB-201-A fabricada pela empresa Embraer. A aeronave realizava no momento da ocorrência um voo para aplicação de herbicida, e apenas o piloto estava presente na aeronave. Durante uma curva de regressão, houve o apagamento do propulsor, levando a aeronave a colidir contra o solo. O piloto veio a falecer no momento do impacto, a aeronave foi destruída com o choque.

Na análise realizada pelo CENIPA sobre os motivos que levaram ao apagamento do propulsor durante o voo, foi constatado que a aeronave que originalmente era alimentada por gasolina de aviação, foi convertida para alimentação de etanol sem o uso de peças aeronáuticas. Para a conversão foram utilizados componentes de tubulação fabricados de maneira “caseira”, como mostra a Figura 5, e foi utilizado fita de teflon para ligação das tubulações de alimentação do distribuidor de combustível. A oxidação que foi se soltando da tubulação acabou entupindo a linha de alimentação, obstruindo o *Gicleur*, como mostra a Figura 5.



Figura 5. Tubulação de fabricação caseira (esquerda) e *Gicleur* obstruído (direita) [15].

Além disso, a aeronave não possuía os registros corretos de manutenção de acordo com o fabricante, tendo voado por mais de 4000 horas após o último registro de inspeção de 100 horas indicada pelo fabricante.

3.1.3. Relatório A-052/CENIPA/2017

O relatório A-052/CENIPA/2017 trata de uma aeronave monomotor modelo A-188B fabricada pela empresa *Cessna Aircraft*. A aeronave efetuava no momento da ocorrência um voo de aplicação de insumos agrícolas, quando houve uma perda parcial de potência. O piloto fez um pouso de emergência em um campo arado, a aeronave acabou pilotando. O piloto saiu ileso e a aeronave teve danos substanciais.

Na análise realizada pelo CENIPA sobre os motivos de perda de potência parcial da aeronave durante o voo, foi constatado que a aeronave era originalmente alimentada por gasolina de aviação, e foi convertida para alimentação por etanol sem a alteração de alguns componentes por componentes de alumínio com o devido tratamento superficial, o que gerou oxidação. Metade dos bicos injetores estavam obstruídos por oxido desprendido dos componentes de alumínio que sofreram corrosão. Havia também corrosão na válvula de alívio da bomba mecânica de combustível. Em testes realizados em bancada com a bomba, obteve-se uma pressão de 4 psi, quando o desejado seria de 55 psi.

3.1.4. Relatório A-023/CENIPA/2018

O relatório A-023/CENIPA/2018 trata de uma aeronave monomotor modelo PA-25-260 fabricada pela empresa *Laviasa*. A aeronave colidiu com o solo durante um voo de aplicação de insumos agrícolas. O piloto faleceu devido ao impacto do acidente, a aeronave ficou destruída.

Na análise realizada pelo CENIPA, a aeronave que originalmente era alimentada por gasolina de aviação, havia sido alterada para alimentação por etanol. Durante pesquisa realizada, a aeronave estava com as cadernetas de manutenção desatualizadas, não podendo indicar quantas horas de voo haviam se passado após a última inspeção de 100 horas. Entretanto, nos aposentos em que o piloto morava foram encontrados componentes aeronáuticos, o que leva a acreditar que o próprio piloto fazia as operações de manutenção da aeronave de forma irregular, não seguindo o recomendado pelo fabricante.

Foi constatado que a aeronave colidiu com o solo com o motor ainda em funcionamento, porém em análise dos componentes, foi verificado que a bomba de combustível se apresentava com elevado grau de oxidação, como mostra a Figura 6, e em teste realizado após o acidente, se comprovou que a bomba apresentava pressão de saída de 1 psi, o que é muito abaixo da pressão aceitável para o componente em questão.



Figura 6. Bomba de combustível apresentando alto nível de oxidação[16].

3.2. Quebra de componente

Os outros 3 acidentes estudados são referentes à quebra de componentes, sendo eles evidenciados nos relatórios: A-150/CENIPA/2015; A-043/CENIPA/2016; e A-068/CENIPA/2018.

3.2.1. Relatório A-150/CENIPA/2015

O relatório A-150/CENIPA/2015 trata sobre uma aeronave monomotor modelo R66 fabricada pela empresa *Robinson Helicopter*. A aeronave que era utilizada como taxi aéreo realizava no momento do acidente um voo de traslado, havia na aeronave 1 tripulante e 1 passageiro. Os dois ocupantes saíram ilesos e a aeronave sofreu danos substanciais. O piloto da aeronave reportou que ouviu um forte estrondo seguido de uma trepidação fora do normal, que dificultava o controle da aeronave. Então o piloto efetuou uma manobra de autorrotação, realizando um pouco de emergência em um campo despreparado para o pouso.

Na análise realizada pelo CENIPA, foi constatado que a houve um rompimento do eixo de potência que liga o motor à caixa de transmissão do rotor principal. No local da ruptura foram encontrados pontos de corrosão por pites, em uma região de solda.

As cadernetas de manutenção da aeronave estavam atualizadas, inclusive uma das tarefas da última inspeção de 100 horas realizada antes do acidente, consistia em verificar se existia corrosão na área em que houve a quebra do componente, porém o difícil acesso visual ao local impossibilita uma verificação ideal, como mostra a Figura 7.

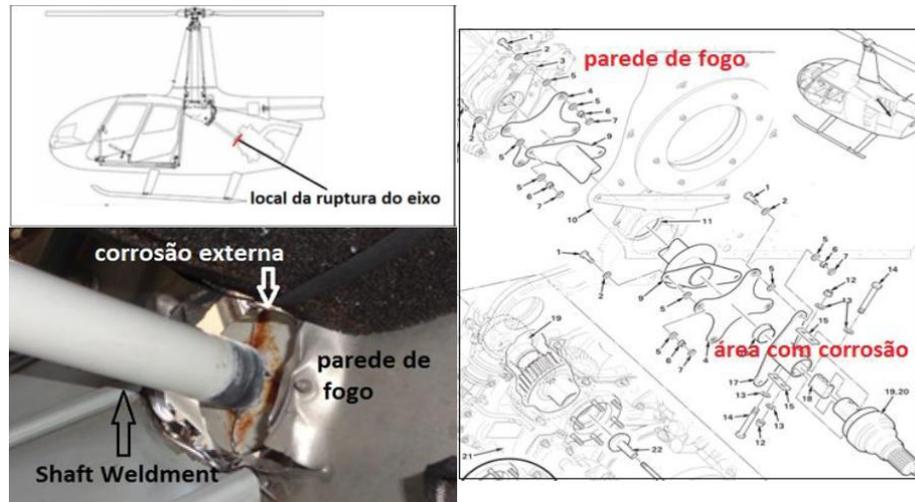


Figura 7. Local de quebra do eixo (esquerda superior); Imagem do componente quebrado (esquerda inferior); vista explodida do componente quebrado (direita) [17].

Foi posteriormente constatado que o eixo de potência em questão havia sido fabricado sem o devido tratamento anticorrosivo. Entretanto o responsável pela inspeção de 100 horas não detectou a corrosão no local, mesmo sendo evidenciado no manual de manutenção da aeronave. O fabricante da aeronave tomou ações corretivas, fornecendo 3 boletins de serviço quanto a este problema, para que outras aeronaves não sofressem da mesma falha.

3.2.2. Relatório A-043/CENIPA/2016

O relatório A-043/CENIPA/2016 trata sobre uma aeronave monomotor modelo EMB-202A fabricada pela empresa Embraer. O piloto da aeronave relatou que ouviu um estrondo durante o procedimento de decolagem, mas decidiu continuar com o procedimento. Após a decolagem, realizou uma rolagem e percebeu que a porta da aeronave se abriu. Ao tentar fechar a porta enquanto pilotava, percebeu que se aproximava de um pivô de irrigação no solo. Para desviar, acabou realizando um pouso forçado. O piloto saiu ileso e a aeronave teve danos substanciais.

Na análise realizada pelo CENIPA, foi constatado que houve uma falha estrutural de uma das duas maçanetas de travamento da porta devido à fadiga, como mostra a Figura 8, que foi amplificada devido à corrosão ocasionada pela remoção da camada protetora de tinta, resultado do atrito de abertura e fechamento da mesma.



Figura 8. Posição da Alavanca (esquerda); Componente quebrado (centro); Detalhe da corrosão (esquerda) [18].

Uma das tarefas da inspeção de 50 horas da aeronave envolve a verificação de componentes internos da cabine quanto às corrosões, porém não há registro se essa tarefa foi realizada quanto a verificação das maçanetas de travamento das portas da cabine.

3.2.3. Relatório A-068/CENIPA/2018

O relatório A-068/CENIPA/2018 trata de uma aeronave monomotor modelo AB115 fabricada pela empresa *Aero Boero*, havia um tripulante e um passageiro no momento da ocorrência. No momento do acidente a aeronave era utilizada como aeronave de instrução, realizando procedimentos de toque e arremetida no aeródromo. No sexto toque realizado no voo o aluno acabou estolando a aeronave, que veio a realizar um pouso duro, houve o desprendimento da roda do trem de pouso direito, levando a aeronave a bater a hélice e a ponta da asa direita na pista.

Na análise realizada pelo CENIPA, foi constatado que houve uma falha do eixo que ligava a roda ao trem de pouso, em uma região de solda. Após análise detalhada sobre o componente, foi detectado presença de corrosão no eixo. Devido à presença de corrosão em um local de concentração de tensões, e pelo esforço acima do normal motivado pelo pouso duro, o componente veio a falhar, como mostra a Figura 9.



Figura 9. Eixo de fixação da roda do trem de pouso, com detalhes na falha em região de solda [19].

A falta de um programa de manutenção rígido em cima deste componente, fez com que não fosse observado a corrosão no local.

3.3 Consideração final

Após análise do material coletado, obteve-se um resultado de sete acidentes motivados exclusivamente por corrosão dentre o total de quatrocentos e quarenta e um, o que remete em aproximadamente 2% do total analisado. Há nesse valor uma discrepância em relação ao trabalho de Petrovic [8], revelando que 25% dos casos de falhas em componentes são motivados por corrosão. Tal discrepância se dá ao fato de que a amostragem de Petrovic [8] engloba não somente os casos de acidentes e/ou incidentes, mas sim uma amostragem completa de casos de falhas de componentes, enquanto o presente estudo tem como amostragem apenas os casos em que a corrosão veio a proporcionar uma falha catastrófica, resultando em acidentes.

4. CONCLUSÃO.

Embora a corrosão seja grande causadora de falhas de componentes aeronáuticos, apenas 2% do total dos casos ocorridos no período estudado resultou em algum acidente, mas as falhas ocorridas nestes casos foram de nível catastrófico.

Nos casos de alteração do combustível para etanol em aeronaves originalmente alimentadas por gasolina, observou-se que a utilização de peças inadequadas pode gerar corrosão no sistema diminuindo sua vida útil, podendo resultar em mal funcionamento do propulsor, como ocorrido em três dos sete acidentes estudados. Portanto, é recomendável que todas as recomendações dos fabricantes da aeronave e do propulsor sejam atendidas no que tange a troca de peças que sejam adequadas para cada tipo de combustível.

A aviação agrícola é detentora da maioria dos acidentes, implicando que pelo alto número de missões em locais isolados, as manutenções e inspeções recomendadas pelo fabricante não são devidamente realizadas, já que a correta realização das mesmas seria capaz de evitar as causas dos acidentes sofridos.

Portanto, pode-se concluir que é necessário que os operadores de aeronaves se conscientizem quanto à importância das inspeções e manutenções, devendo realizá-las antes do limite de operação das aeronaves, sendo sempre executadas por profissionais capacitados.

5. REFERÊNCIAS

- [1] M. Czaban, "Aircraft corrosion - Review of corrosion processes and its effects in selected cases," *Fatigue Aircr. Struct.*, vol. 2018, no. 10, pp. 5–20, 2018, doi: 10.2478/fas-2018-0001.
- [2] J. Moreto, "Estudo da corrosão e corrosão-fadiga em ligas de Al e Al – Li de Alta Resistência para Aplicação Aeronáutica," *Univ. SÃO PAULO - Esc. Eng. SÃO CARLOS - Inst. FÍSICA SÃO CARLOS / Inst. QUÍMICA SÃO CARLOS*, p. 188, 2012.
- [3] "Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA)," [https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/o-cenipa.](https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/o-cenipa), doi: 10.1016/S1369-7021(02)01138-0.
- [4] J. Martins and H. Machado, "A investigação de acidentes aéreos e o processo de responsabilização penal dos envolvidos," *Meritum*, vol. 11, no. 1, pp. 1–15, 2016.
- [5] B. A. T. T. DA SILVA, "Análise de uma falha crônica presente nos amortecedores de impacto das aeronaves Piper Pa-30 Twin Comanche e sugestões Para solucionar o problema," *Univ. TECNOLÓGICA Fed. DO PARANÁ - Dep. ACADÊMICO Eng. Mater. - CURSO Eng. Mater.*, p. 55, 2017.
- [6] S. Mackenzie and H. International, "Overview of the Mechanisms of Failure in Heat Treated Steel Components," *ASM Int.*, pp. 43–86, 2008, doi: 10.31399/asm.tb.fahtsc.t51130043.
- [7] G. E. Dieter, *Metalurgia Mecânica*, 2nd ed. 1981.
- [8] Z. Petrovic, "Catastrophes caused by corrosion," *Vojnoteh. Glas.*, vol. 64, no. 4, pp. 1048–1064, 2016, doi: 10.5937/vojtehg64-10388.
- [9] S. J. Findlay and N. D. Harrison, "Why aircraft fail," *Mater. Today*, vol. 5, no. 11, pp. 18–25, 2002, doi: 10.1016/S1369-7021(02)01138-0.
- [10] A. Zeemann, "Corrosão em Juntas Soldadas," *Infosolda*, p. 5, 2003.
- [11] G. Eugenio, O. Giacaglia, and W. D. Q. Lamas, "Corrosão em Aeronaves (Aircraft Corrosion)," *Univ. Taubaté - Pós-Graduação em Eng. Aeronáutica*, no. September, p. 24, 2014, doi: 10.13140/RG.2.2.27591.09120.
- [12] L. A. B. Paes; R. B. Crespo; R. Â. da Silva; T. de A. Machado; M. L. S. Silva. "Estudo Sobre O Processo Da Corrosão E a Manutenção Empregada No Misturador Da Produção Industrial De Cerâmica Vermelha Em Campos Dos Goytacazes," *Exatas Eng.*, vol. 4, no. 09, pp. 13–25, 2014, doi: 10.25242/885X4092014456.
- [13] R. Diniz, J. R. de Camargo; G. E. O. Giacaglia; F. J. Grandinetti; J. R. de Camargo. "ENSAIOS E INSPEÇÕES NÃO DESTRUTIVAS EM PRODUTOS AERONÁUTICOS PARA CONTROLE E DETECÇÃO DE CORROSÃO," *Univ. Taubaté -Especialização em Eng. Aeronáutica*, p. 17, 2015.
- [14] CENIPA, "Acidentes Aeronáuticos - RELATÓRIO FINAL A-100/CENIPA/2015," p. 17, 2015.
- [15] CENIPA, "Acidentes Aeronáuticos - RELATÓRIO FINAL A-158/CENIPA/2015," p. 20, 2015.
- [16] CENIPA, "Acidentes Aeronáuticos - RELATÓRIO FINAL A-023/CENIPA/2018," p. 21, 2018.
- [17] CENIPA, "Acidentes Aeronáuticos - RELATÓRIO FINAL A-150/CENIPA/2015," p. 15, 2015.
- [18] CENIPA, "Acidentes Aeronáuticos - RELATÓRIO FINAL A-043/CENIPA/2016," p. 5, 2016.



ISSN 2447-5378

[19] CENIPA, “Acidentes Aeronáuticos - RELATÓRIO FINAL A-068/CENIPA/2018,” p. 7, 2018.