

# A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DE FALHA NA INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS.

André Martins da Silva<sup>1\*</sup>; Olivério Moreira de Macedo Silva<sup>2</sup>; Rafael de Paula Silva<sup>3</sup>

1- Departamento de Engenharia Mecânica – UNITAU (Universidade Taubaté)  
Rua Daniel Daneli, s/n – CEP: 12060-44 0– Taubaté- SP – Brasil  
Telephone: (12) 3625-4192 – Fax: (12) 3625-4192 – Email:  
[estudioandremarthins@gmail.com](mailto:estudioandremarthins@gmail.com)

2 - Tecnologista Sênior do DCTA/IAE/AMR Instituto de Aeronáutica e Espaço/ divisão de materiais.

Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 Campus do CTA - Vila das Acácias, CEP. 12228-901  
São José dos Campos – SP – Telefone: (12) 3947-3000 – Email: [silvaoliva@bol.com.br](mailto:silvaoliva@bol.com.br)

3- Escola de engenharia de Lorena , EEL- USP( universidade de são paulo) - Estrada Municipal do Campinho, s/n - Pte. Nova, Lorena - SP, 12602-810 Telefone: (12) 3159-5000

**RESUMO:** Análise de falhas em materiais é uma atividade, onde especialistas trabalham com a finalidade de identificar a raiz da falha e assim salvar vidas à medida que o mesmo é solucionado. Tem como objetivo também, alertar para perigos latentes e prevenir a ocorrência de casos semelhantes. A partir deste trabalho é possível identificar outras aeronaves com o mesmo tipo de problema e assim, a missão final da análise de falha, de contribuir de forma ativa na proteção de voo. Esse trabalho trata-se da análise de falha de um pino atuador da pá de hélice de uma aeronave bi-motor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hélice, Falha, investigação, fadiga, pino.

## ABSTRACT:

Materials Failure analysis of is an activity that specialists try identify the root failure saving lives with the result. It also has the objective of warning possible flaws and prevent the occurrence of similar cases. From this work it is possible to identify other aircraft with the same type of problem and therefore as the final mission of the failure analysis contribute in the flight protection. This work comes from the failure analysis of a plunger of the propeller blade of a twin-engine aircraft.

**KEYWORDS:** propeller blade, Failure , research , fatigue , pin.

## 1. INTRODUÇÃO.

A análise de falha consiste no exame completo de todos os fatores que levam à identificação da causa raiz do problema de um produto.

A partir do material recebido o mesmo é submetido a uma sequência de exames. Quanto ao tipo de observação, está subdividida, basicamente em duas classes: Microscopia, análise feita em um microscópio com aumentos que normalmente são 50X, 100X, 200X, 500X, 1000X no

microscópio óptico e até acima de 20000X nos microscópios eletrônicos de varredura (MEV), permitindo a análise da microestrutura ali presente. Macroscopia, análise feita a olho nu, lupa ou com utilização de microscópios estéreoscópicos (que favorecem a profundidade de foco e dão, portanto, visão tridimensional da área observada) com aumentos que podem variar de 5x a 100X. O exame micrográfico consiste apenas em observar a microestrutura, determinando-se quais são os microconstituintes ou fases que as compõe. Os microconstituintes variam de acordo com o tipo de liga analisada e de acordo com os tratamentos térmicos, tratamentos mecânicos, processos de fabricação e

outros processos a que o material haja sido submetido [2].

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram recebidos uma seção de uma pá de hélice e três pinos atuadores, sendo um novo para comparação, os outros dois, sendo um fraturado, pertencentes à pá de hélice da aeronave em questão, objetivando identificar a possível causa da ruptura, Figura 1.



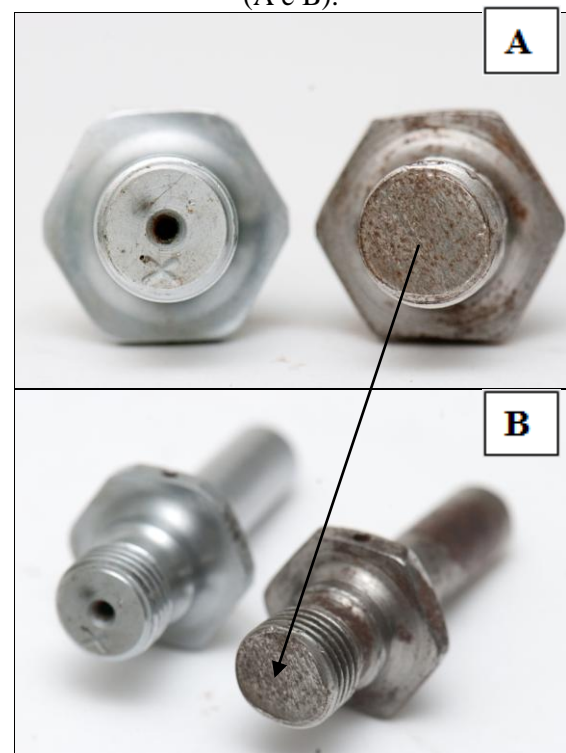
**Figura 1** - Fotografia. Vista geral dos componentes como recebidos.

A partir dos materiais recebidos, os mesmos foram submetidos a exames visuais com a utilização de uma lupa seguido de exames estereoscópicos, onde foi utilizado um estereoscópio da marca ZEISS Discovery V8. Após a análise estereoscópica os componentes foram submetidos a exames metalográficos utilizando o métodos ASTM E3-80 Preparation of Metallographic Specimens [1] e finalizando as

análises com o ensaio de dureza utilizando o método ASTM E18 - 08b Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials. [1]

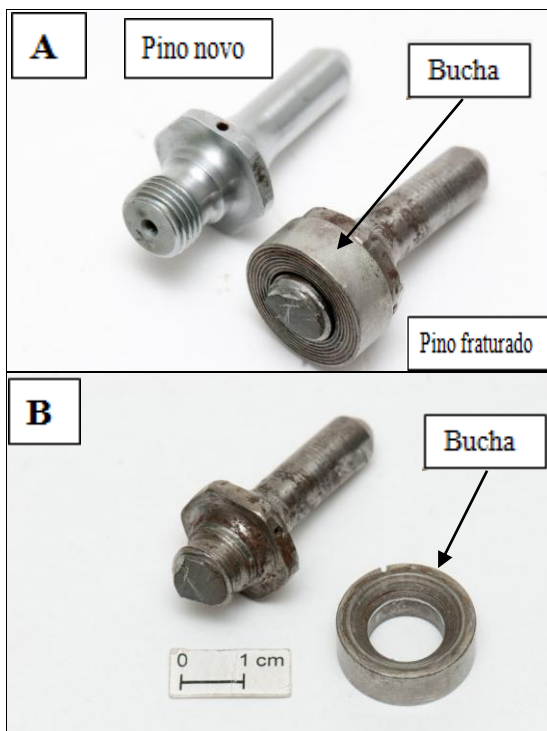
## 2. RESULTADOS

Nos exames visuais verificaram-se diferenças entre o pino novo e os usados, tais como: corpo roscado com ranhuras evidenciando um corte com serra manual na seção transversal Figura 2 (A e B).



**Figura 2** - Fotografias. (A) vista geral dos pinos novo e usado. (B) detalhe do pino usado seccionado na região roscada com serra manual.

Uso de bucha aparentemente irregular entre o corpo roscado e a base do pino, Figura 3 (A e B);



**Figura 3** -(A) vista geral dos pinos novo e usado. (B) detalhe da bucha utilizada entre o corpo roscado e a base do pino usado.

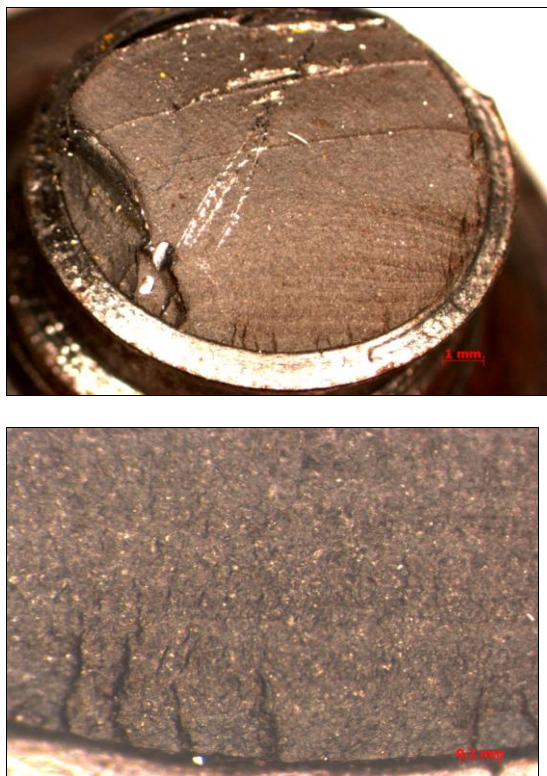
acabamento grosseiro entre o corpo roscado e a base do pino evidenciando um processo de fabricação incoerente com os processos aeronáuticos, Figura 4 (A e B).



**Figura 4**-(A) vista geral dos pinos novo e usado. (B) detalhe do acabamento grosseiro entre o corpo roscado e a base.

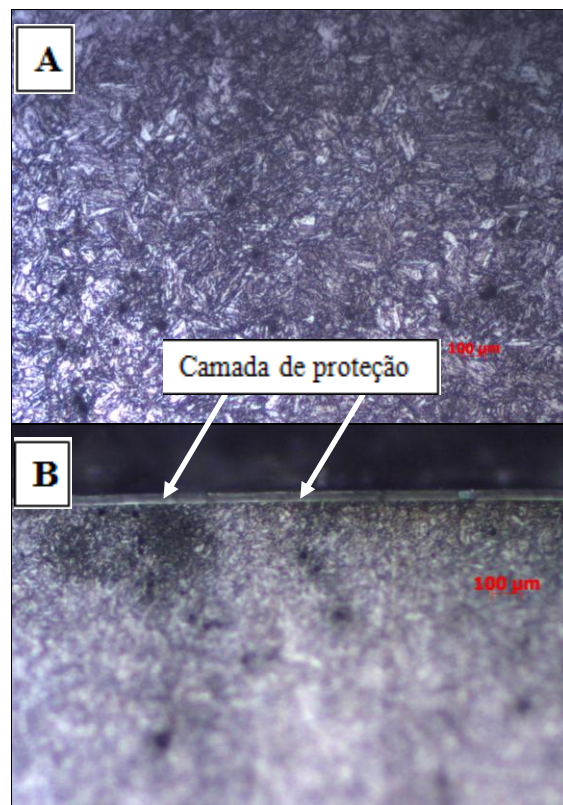
Nos exames ao microscópio estereoscópio realizados na superfície de fratura observaram-se marcas de praia e múltiplos inícios de fratura indicativos de falha pelo mecanismo de fadiga, Figura 5 (A e B).





**FIGURA 5 - (A E B) - ESTEREOSCOPIAS.** (A) VISTA GERAL DA SUPERFÍCIE DE FRATURA. (B) DETALHE DA REGIÃO DE INÍCIO DE FRATURA. OBSERVAM SE MARCAS DE PRAIA E MÚLTIPLOS INÍCIOS DE FRATURA, INDICATIVOS DE FADIGA

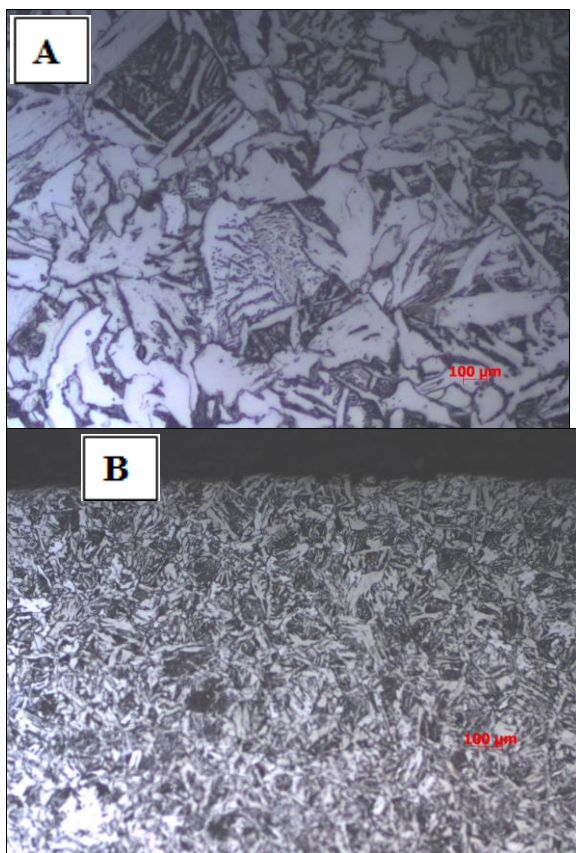
Nos exames metalográficos realizados com ataque químico (água régia) na seção transversal do pino novo observou-se microestrutura constituída de martensita revenida indicativa de aço inoxidável martensítico e camada de proteção superficial, Figura 6 (A e B).



**Figura 6 - (A e B) - Microfotografias.** Pino novo. (A) observa-se microestrutura constituída de martensita revenida. (B) observa-se uma camada superficial de proteção (setas).

O pino que fraturou foi atacado com Nital 3 % e apresentou microestrutura constituída de ferrita e perlita, indicativo de aço ao carbono comum, sem camada de proteção superficial, Figura 7 (A e B).

Nos ensaios de dureza realizados na seção transversal dos pinos foram obtidos os seguintes resultados: pino novo 380 HV ( $\pm 39$  HRc); pino fraturado 192 HV ( $\pm 9$  HRc).



**Figura 7 - (A e B) -**  
Microfotografias. Pino fraturado.  
(A) observa-se microestrutura  
constituída de ferrita e perlita.  
(B) observa-se que não tem  
camada superficial de proteção.

### 3. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se afirmar que o pino atuador da pá de hélice fraturou pelo mecanismo de fadiga. Nos exames metalográficos e ensaios de dureza realizados nos pinos: novo e fraturado constataram-se que se trata de materiais diferentes, sendo o pino fraturado um aço ao carbono comum e o pino novo um aço inoxidável martensítico revenido com características mecânicas superiores ao pino fraturado.

### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ASTM E3-80 Preparation of Metallographic Specimens, ASTM E18 - 08b Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials

[2] COLPAERT, H., SILVA, A. L.V - Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns - 4ª Edição Revista e Atualizada, ISBN 9-788-521-204-497

### 7. AGRADECIMENTOS

Dr. Olivério Moreira de Macedo Silva

Dr. Leandro Augusto Lemos Franco

Dr. Mário Lima de Alencastro Graça

Dr. Nicélio José Lourenço4

Rafael de Paula Silva

SO Jefferson Rodrigues Tavares

DCTA/IAE/AMR Instituto de Aeronáutica e Espaço/ divisão de materiais.