

## Relatório Final

Título do projeto de pesquisa: Práticas em Análise de Falhas em Casos de  
Investigação de Acidentes e Incidentes Aeronáuticos  
Focados em Fator Material

Bolsista: Rafael de Paula Silva

Orientador(a): Dr. Leandro Augusto Lemos Franco

Período a que se refere o relatório: Agosto de 2015 a Julho de 2016

### Resumo

A análise de falha é de extrema importância na indústria aeronáutica pois através dessa conseguimos evitar que falhas semelhantes voltem a ocorrer em outras aeronaves, com os estudos de caso podemos propor melhorias e corrigir erros tanto no projeto quanto na manutenção de componentes e/ou peças. Quando o motivo do acidente é o fator material é importante caracterizar o modo como a falha ocorre e as causas da mesma, a fim de se evitar novos acidentes decorrentes do mesmo problema. Neste trabalho foi realizado a análise de falha em uma hélice fraturada junto com o conjunto trem de nariz da aeronave do tipo EMB-712 da aviação civil, as informações que recebemos foi que houve vibração anormal da aeronave após decolagem. No pouso a aeronave encontrava-se entre 70 e 85 nós de velocidade, o instrutor decidiu sair da pista pois teve o pressentimento de que não pararia até o término da pista, tendo percorrido 150 metros na grama, ocorrendo a quebra do trem de nariz. Com base nos resultados obtidos podemos dizer que os danos sofridos pelos componentes da roda ocorreram por sobrecarga e que a fratura ocorrida na ponta da pá de hélice foi causada por um processo de fadiga iniciado, provavelmente, em corrosão intergranular, que agiu como concentrador de tensão.

### 1. Introdução

Foram recebidos uma pá de hélice fraturada e um conjunto de roda do nariz Figura 1, pertencentes à aeronave EMB 712, prefixo PT-NYV, objetivando identificar a possível causa

dos danos sofridos, assim podendo evitar possíveis acidentes ocasionados pelo mesmo tipo de mecanismo de falha.



Figura 1- Fotografia dos componentes recebidos para análise

## 2. Materiais e métodos

Para a realização do trabalho foram utilizados:

- Uma máquina fotográfica para o registro fotográfico do material recebido e as a superfície de fratura das peças dando início nas análises da fratura.
- Um estereoscópio ZEISS, modelo Stemi SV11 para a análise da superfície de fratura com um aumento de até 66x.
- Um equipamento de MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura) para uma análise mais profunda da superfície de fratura podendo ter um aumento extremamente alto e análise de EDS para identificar elementos desconhecidos vistos durante o MEV.
- Análise metalográfica de parte da fratura para identificar possíveis pontos de oxidação, micrografias obtidas utilizando microscópio ZEISS, não foi necessário ataque químico.

## 3. Resultados

Nos exames visuais e por estereografia, verificaram-se sinais de impacto com fraturas por sobrecarga no conjunto de rodas, Figuras 2 e 3. Verificou-se, também, que a pá de hélice apresentou um aspecto retorcido, causado por impacto e a falta da ponta da pá de

aproximadamente 20 cm de comprimento. A superfície de fratura apresentou uma propagação subcrítica de trinca a partir da superfície inferior da pá, entre o bordo de ataque e o de fuga, onde se observa marcas de praia indicativas de fadiga, Figura 4 (A e B).



**Figura 2-Fotografia. Vista geral da carenagem fraturada por impacto**



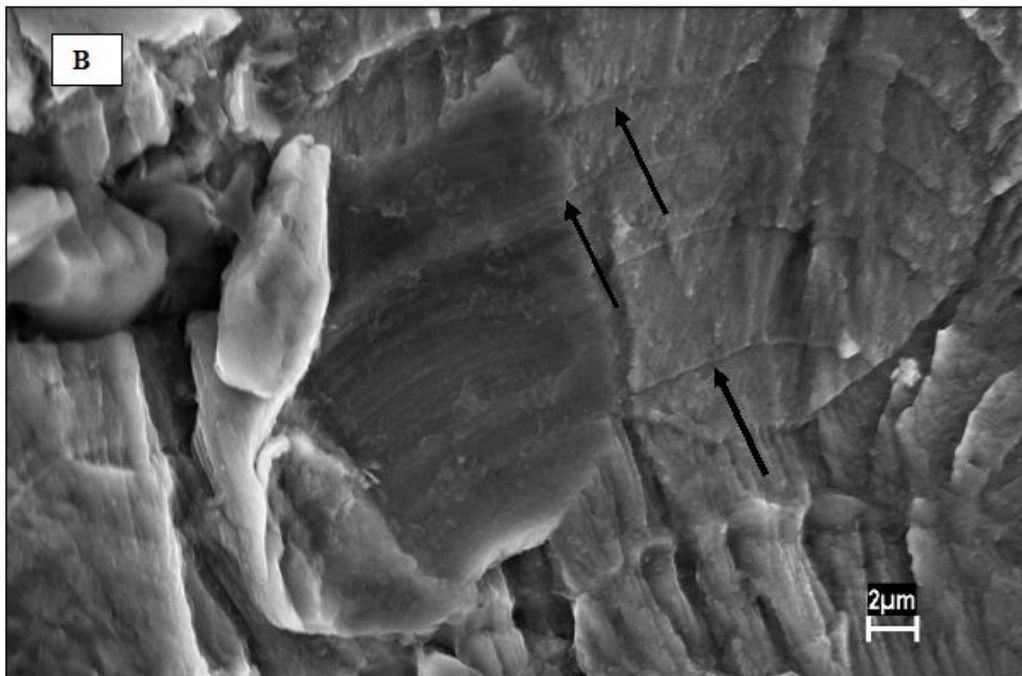
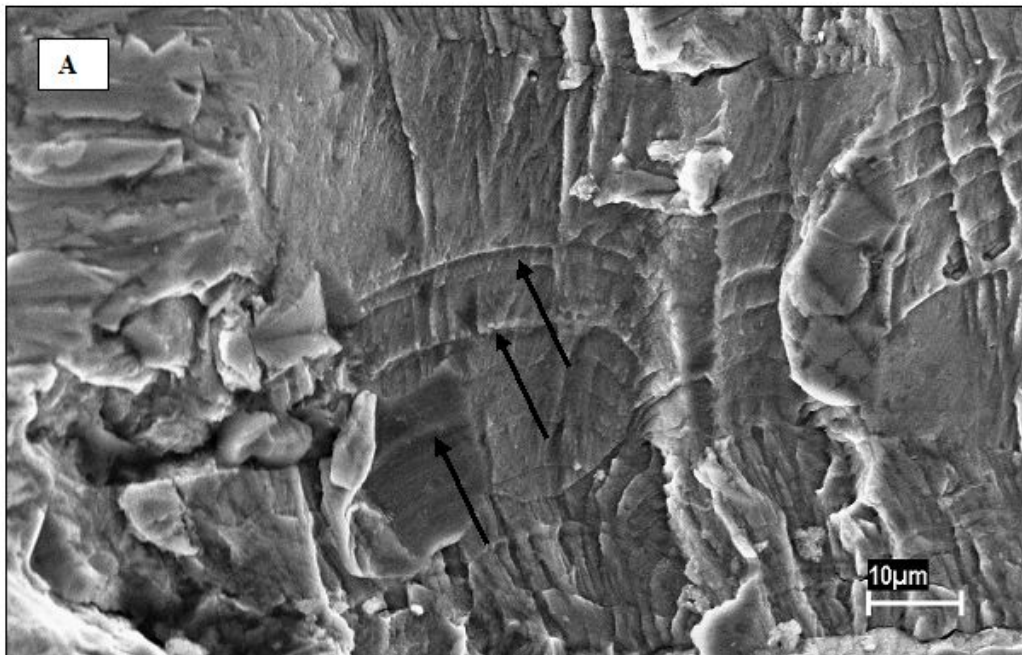
**Figura 3-Fotografia. Detalhe da região onde ocorreu a fratura do suporte da roda.**



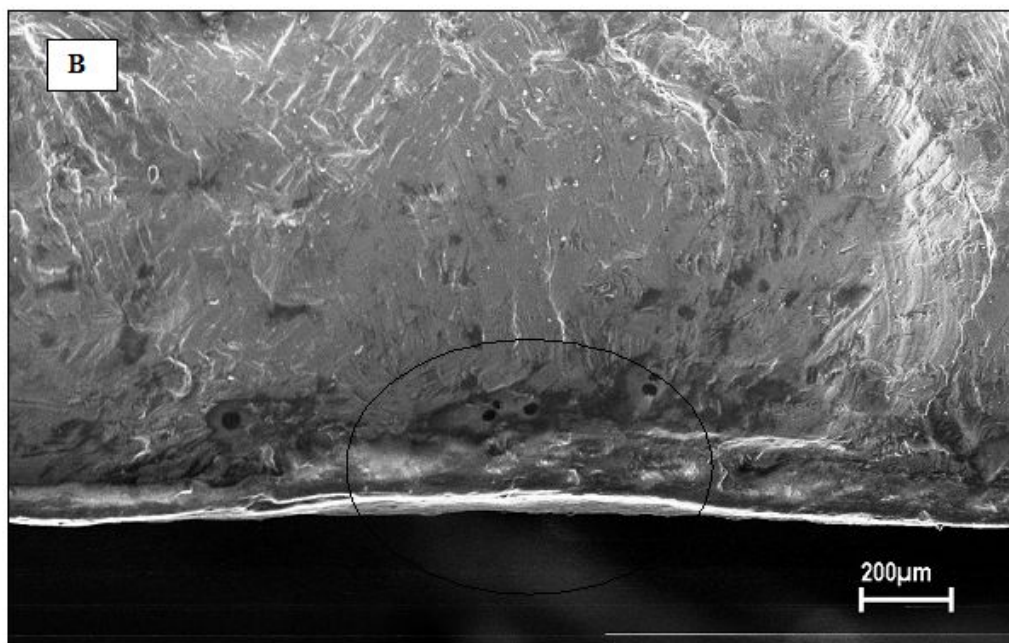
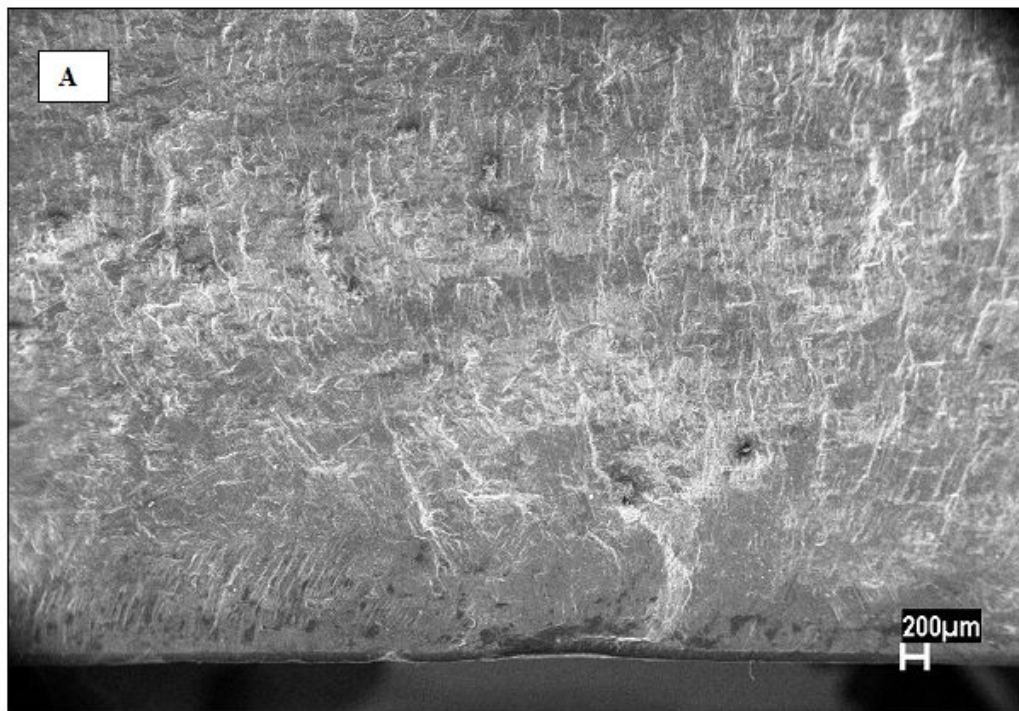
**Figura 4-Fotografias. (A) vista geral da superfície de fratura, apresentando uma pré trinca no lado inferior da pá. A seta indica a região de início. (B) detalhe da região de início da trinca, apresentando marcas de praia.**

Nos exames por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) realizados na superfície de fratura da pá de hélice foram detectadas estrias indicativas de fadiga, Figura 5 (A - C). A região de início da pré-trinca sofreu amassamentos o que dificultou a identificação da origem da trinca, Figura 6 (A e B). Nas análises por energia dispersiva de raios X (EDS) realizadas na superfície da hélice utilizando um corpo de prova preparado metalograficamente foram detectados os elementos oxigênio (O), cloro (Cl), cálcio (K), indicativos de corrosão, Figura 7 (A e B).





**Figura 5-Eletrofotografias. (A) superfície de fratura, apresentando estrias indicativas de fadiga (setas). (B) detalhe com maior ampliação das estrias indicativas de fadiga (setas).**



**Figura 6-Eletrofotografias. (A) Vista geral da região de início da pré-trinca. (B) Detalhe com maior ampliação do amassamento na região de início da pré-trinca.**

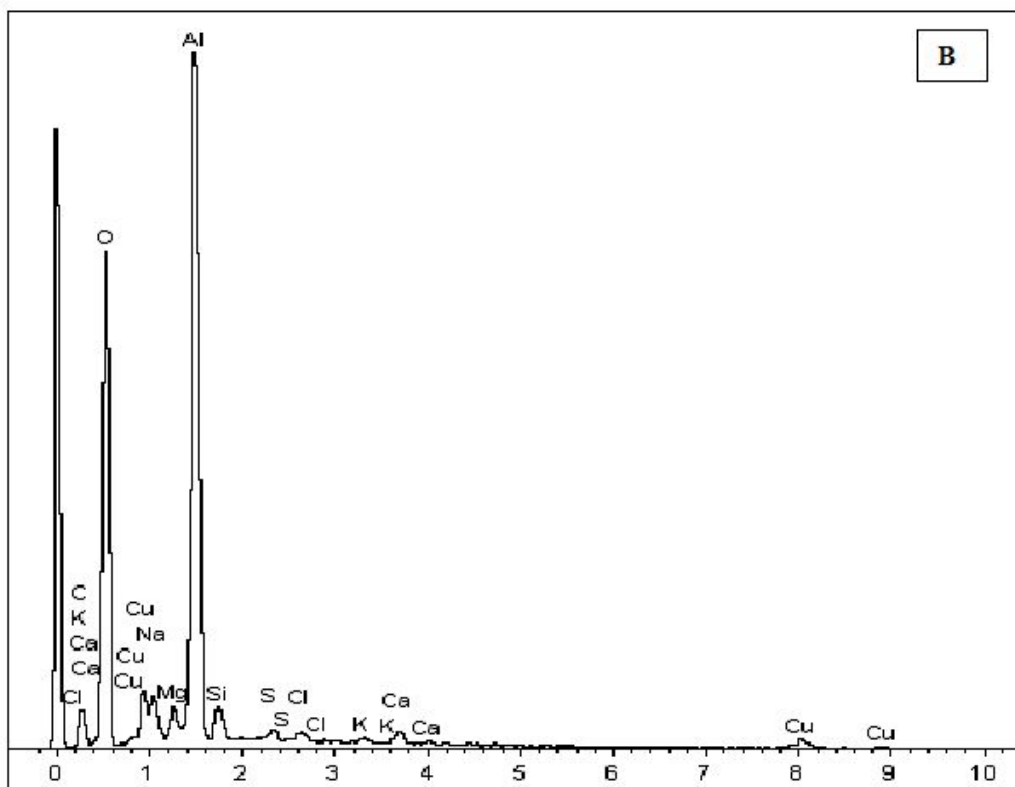
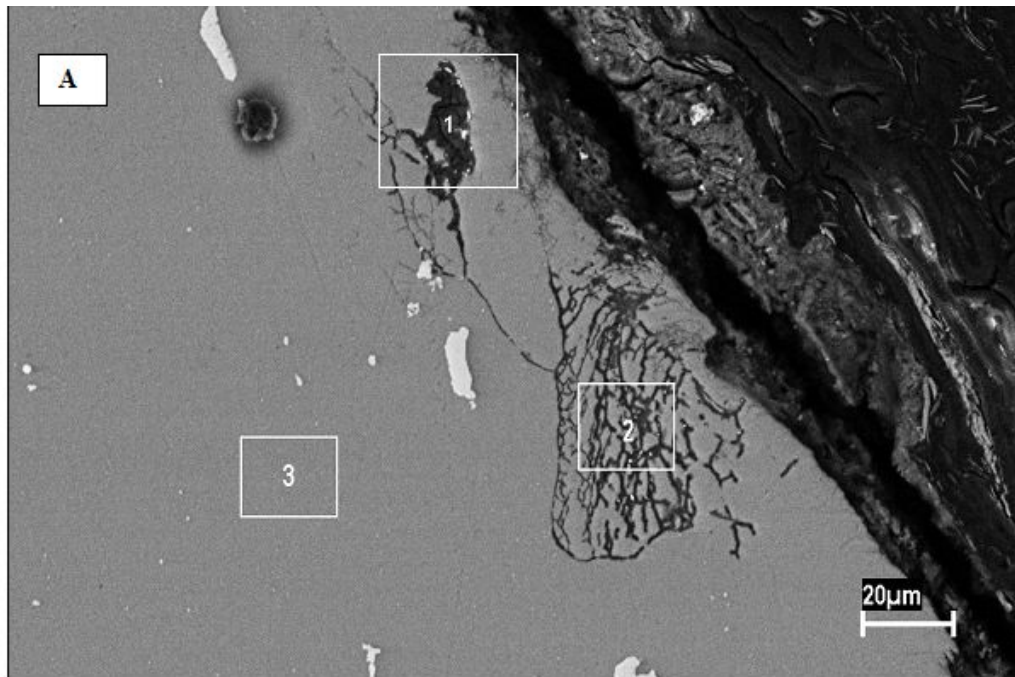


Figura 7-(A) região analisada por EDS. (B) gráfico representativo da análise por EDS. Observam-se os picos correspondentes aos elementos detectados na região 1 da Figura 7A.



Nos exames metalográficos realizados em região próxima à fratura verificou-se a presença de corrosão intergranular, Figura 8 (A e B)

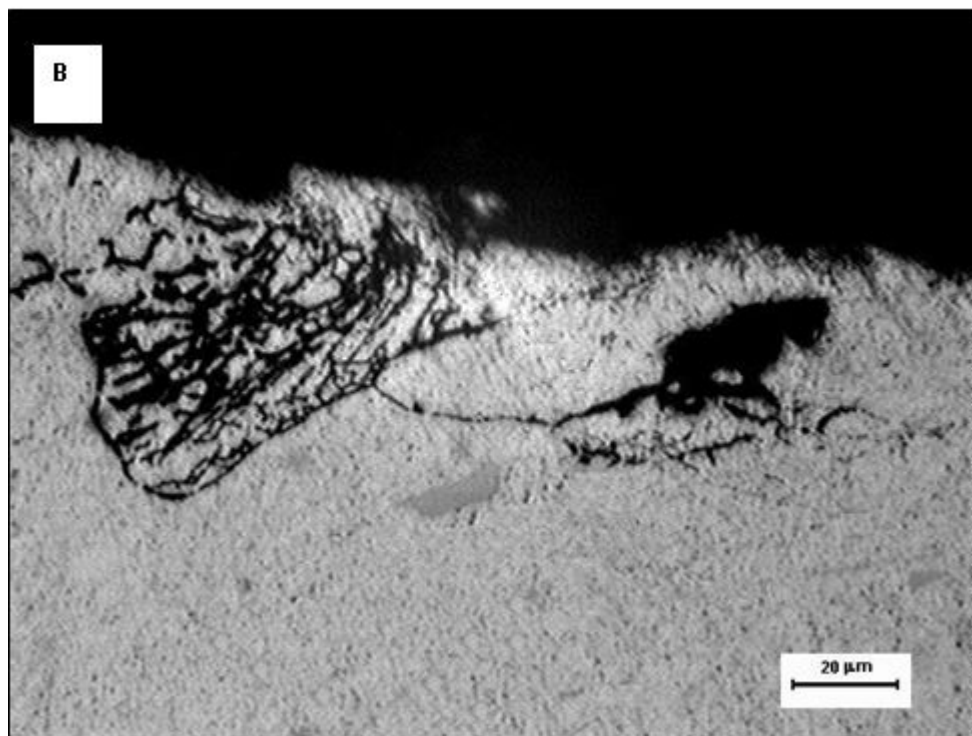
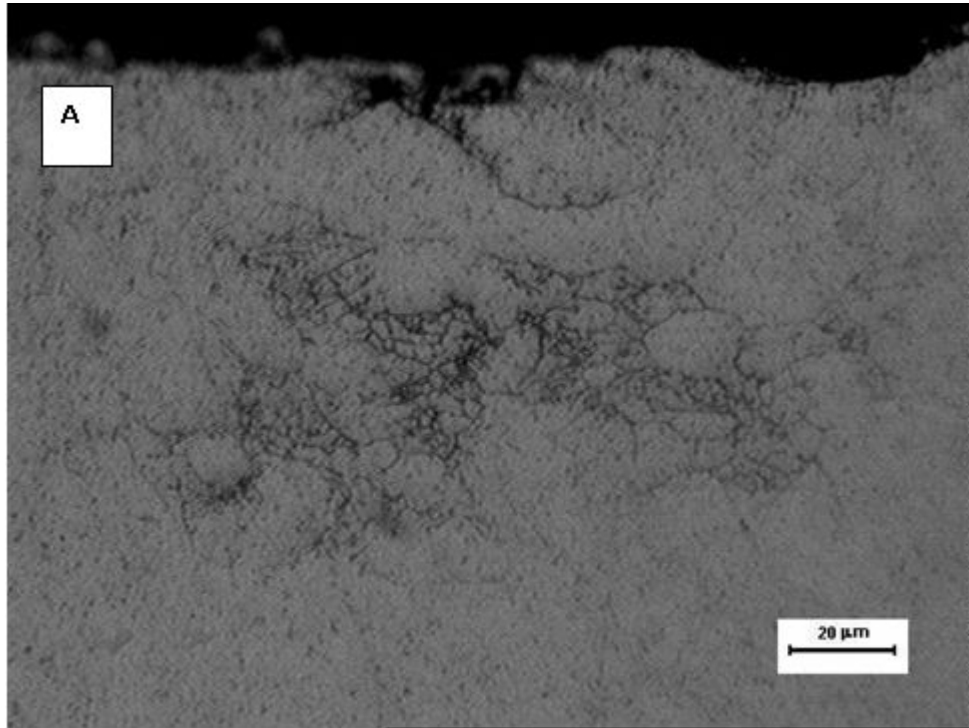


Figura 8-Fotomicrografias. Região próxima à fratura. Observa-se corrosão intergranular.





#### **4. Conclusões**

Com base nos resultados obtidos podemos dizer que os danos sofridos pelos componentes da roda ocorreram por sobrecarga e que a fratura ocorrida na ponta da pá de hélice foi causada por um processo de fadiga iniciado, provavelmente, em corrosão intergranular, que agiu como concentrador de tensão

#### **Referências**

ASM Handbook, Vol. 11, Failure Analysis and Prevention, ASM International, Materials Park, 1992.

ASM Handbook, Vol.12, Fractography, ASM International, Materials Park, 1992.

ASM Handbook, Volume 19, Fatigue and Fracture, ASM international, Materials Park, 1996.

ASTM. Metals Test Methods and Analytical Procedures. Nondestructive Testing. West Conshocken, 1999.

CALLISTER, Jr., W.D., Material Science and Engineering - An Introduction, John Wiley & Sons, New York, 1994.