

**COMANDO DA AERONÁUTICA  
ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA**

**CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO  
DE ACIDENTES AERONÁUTICOS**



**SÍNTESE DE INCIDENTE**

**AERONAVE: PT - YSL**

**MODELO: B- 407**

**DATA: 09 ABR 2000**

<b>AERONAVE</b>	<b>Modelo:</b> B - 407 <b>Matrícula:</b> PT - YSL	<b>OPERADOR:</b> Cláudio Ermírio de Moraes
<b>INCIDENTE</b>	<b>Data/hora:</b> 09 ABR 2000 <b>Local:</b> Distrito de Lagoa Grande <b>Município, UF:</b> Ilhabela - SP	<b>TIPO:</b> Incidente com rotor



*O único objetivo das investigações realizadas pelo Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) é a prevenção de futuros acidentes aeronáuticos. De acordo com o Anexo 13 da Organização de Aviação Civil Internacional - OACI, da qual o Brasil é país signatário, o propósito dessa atividade não é determinar culpa ou responsabilidade. Esta Síntese de Incidente, cuja conclusão baseia-se em fatos ou hipóteses, ou na combinação de ambos, objetiva exclusivamente a prevenção de acidentes aeronáuticos. O uso deste relatório para qualquer outro propósito poderá induzir a interpretações errôneas e trazer efeitos adversos ao SIPAER.*

## I. HISTÓRICO DO INCIDENTE

A aeronave decolou do heliponto de Maresias (SDTF) com destino ao Aeroporto de Congonhas (SBSP). Com aproximadamente 25 minutos em vôo, a aeronave começou a apresentar grande vibração.

Encontrando um descampado, o piloto optou por realizar um pouso técnico para realizar uma inspeção visual da aeronave, na qual não encontrou qualquer indício de impacto com aves.

Continuando o vôo à baixa velocidade e altura controlada, o piloto resolveu realizar o pouso no Aeroporto Campo de Marte e não em Congonhas, evitando, assim, ter que cruzar a cidade de São Paulo naquela condição.

Durante este trajeto, percebeu uma vibração constante, com picos mais acentuados de tempos em tempos. Pousando em Campo de Marte, já ao cair de noite, procedeu a nova inspeção visual, também sem sucesso.

Na manhã seguinte, a equipe de manutenção da Líder Táxi Aéreo S.A. realizou uma inspeção mais detalhada, na qual foi encontrada uma área delaminada na superfície inferior de uma das pás do rotor principal. A pá foi substituída e a aeronave retornou ao vôo.

## II. DANOS CAUSADOS

### 1. Pessoais

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	-	-	-
Graves	-	-	-
Leves	-	-	-
Ilesos	01	-	-

## 2. Materiais

### a. À aeronave

A aeronave sofreu avarias graves no rotor principal.

### b. A terceiros

Não houve.

## III. ELEMENTOS DE INVESTIGAÇÃO

### 1. Informações sobre o pessoal envolvido

#### a. Horas de vôo

O piloto somava um total de 5.800 horas de vôo, sendo 00 h 30 min nas últimas 24 horas; 12 h nos últimos 30 dias e 350 h totais no modelo acidentado.

#### b. Formação

O piloto foi formado pela ESA em 1986.

#### c. Validade e categoria das licenças e certificados

O piloto possuía Certificado de Habilitação Técnica e IFR válidos.

#### d. Validade da inspeção de saúde

O piloto estava com o seu Certificado de Capacidade Física válido.

### 2. Informações sobre a aeronave

O helicóptero B-407, monomotor, foi fabricado pela BELL HELICOPTER, com o número de série 53.291. Estava com os seus Certificados de Matrícula e de Aeronavegabilidade válidos.

A aeronave contava, no momento do incidente, com 345 h 30 min totais, tendo recebido serviços de manutenção periódicos e adequados.

Uma das pás do rotor principal sofreu delaminação (PN 407-015-001-111, e SN A-1402), somando, igualmente, 345 h 30 min horas de vôo.

### 3. Exames, testes e pesquisas

A pá do rotor principal foi enviada ao Field Investigation da Bell Helicopter – Textron, em Hurst, Texas, Estados Unidos da América, pela Líder Táxi Aéreo S.A.

Um exame inicial indicou que a pá sofrera delaminação em sua superfície inferior de 137 centímetros de comprimento, de forma aproximadamente ovalada e com largura máxima de 12 centímetros.

Foi feita uma secção da superfície afetada, de aproximadamente três centímetros de diâmetro, para uma análise preliminar. Pôde ser observada nesta

secção, assim com em toda área delaminada, que a separação ocorrera entre o revestimento e a colméia.

A pá foi serrada em diversas partes para facilitar a análise. Exame de partes da superfície da pá, examinadas ao Microscópio de Escaneamento Eletrônico (Stereozoom and Scanning Electron Microscope – SEM) revelou áreas nas quais a colméia fez contato com a superfície, mas apresentam sinais de contato e aderência insuficientes.

Estes sinais incluem paredes projetadas de adesivo, finas, produzidas quando a colméia fez contato com a superfície e, subseqüentemente, foi afastada durante o processo de cura. Outros sinais eram áreas lisas do adesivo, nas quais as paredes da colméia não fizeram contato.

A parte da colméia do lado delaminado também foi analisada no SEM, apresentando os mesmos sinais de paredes projetadas finas e áreas lisas. Estas características são indicativas de perda de pressão durante o processo de cura.

O processo de fabricação da pá é artesanal, cada pá sendo feita manualmente por uma dupla de técnicos, sobrepondo-se as folhas de material compósito e adequando-as ao molde para adquirirem a forma desejada. Após este processo, a pá é levada ao forno para o processo de cura.

Isto é necessário para que, tanto o material compósito como o adesivo, sofram reações químicas necessárias para dar a devida resistência à peça. Durante este processo, ocorre aumento de pressão e de temperatura, por tempos controlados.

As finas paredes projetadas, entre a superfície e a colméia, estavam fraturadas, indicando que havia alguma coesão entre a superfície e a colméia. Para se determinar o nível de coesão, foram cortados e preparados quatro corpos de prova, posicionados, originalmente, por volta da estação 126 da pá, de dimensões 2 polegadas por 2 polegadas, para um teste de tração.

Neste teste, o eixo de aplicação da carga é paralelo às paredes da colméia, e a máquina traciona as duas superfícies do corpo de prova. A carga varia de zero até o limite da peça, com aplicação de carga variando quase-estaticamente, i.e., o valor da carga aumenta gradualmente de forma lenta.

O requisito contido na Bell Helicopter Fabrication Specification, Nº 407-947-099, que rege este teste, é de uma falha de 100% da colméia (o rompimento do corpo-de-prova se dá exclusivamente na colméia) ou, para falha do adesivo (deslocamento da superfície com a colméia), 400 libras (180 quilogramas-força).

O próprio desenho geométrico, material compósito utilizado e forma de fabricação da colméia, garantem que a falha de tração, com eixo paralelo ao da colméia, ocorrerá com uma carga superior a 400 libras. Os resultados dos testes são apresentados na tabela abaixo:

Corpo de prova	Carga de falha (lb)	Tipo de falha
A	752	100% colméia
B	782	100% colméia
C	225	Superfície Inferior
D	787	100% colméia

Como é possível verificar na tabela, os corpos de prova A, B e D falharam com uma tração média de 774 libras, bem acima do limite para o adesivo, e falharam apenas na colméia.

Já o corpo de prova C, situado originalmente à vanguarda da área delaminada, rompeu na superfície, por falha do adesivo, abaixo do limite de 400 libras.

A posição original do corpo de prova sugere que a área delaminada pudesse estar se expandindo. A análise dos sinais nas fraturas do adesivo mostra que existiam sobre eles, marcas de progressão de fratura, tipo marcas de praias, típicas de trincas que se desenvolvem ao longo do tempo.

Um outro corpo de prova, também localizado originalmente à vanguarda da área delaminada, foi cortado e teve a pintura removida, de modo a ser possível testar adequadamente, tanto a superfície inferior quanto a superfície superior, com o martelo e a luz intensa.

Estes dois testes são executados normalmente após processo de cura da pá e antes da pintura, com a intenção de se detectar áreas nas quais não houve aderência adequada. O teste do martelo é executado batendo-se o martelo sobre a superfície e analisando o som, que se torna oco em áreas com pouca aderência.

A luz forte é colocada contra uma das superfícies de modo a iluminar, por dentro, a outra superfície. Analisa-se, então, a tonalidade da luz em torno das paredes da colméia. Conforme o teste de tração acima mencionado, as áreas à vanguarda da área delaminada deveriam apresentar alguma deficiência nestes testes; no entanto, o corpo de prova foi dado como bom em ambos os testes (os testes foram executados por dois funcionários da Bell, que trabalham com estes testes e possuem larga experiência na análise dos testes).

Foram discutidos os problemas relacionados a este processo de cura. Um deles reside no fato de que, apesar de ser possível obter um registro de pressão e temperatura do forno durante o processo de cura, este registro não era anexado à pasta de fabricação da pá.

A empresa se comprometeu a anexar este registro às pás que vierem a ser fabricadas, e a estudar novas formas de teste para se garantir a confiabilidade na fabricação das pás.

Foi discutido, também, o fato de que esta falha parece ser isolada, i.e, um problema no processo de cura apenas desta pá, já que, de todas as aeronaves em operação no mundo, apenas esta apresentou a falha supracitada.

#### 4. Aspectos operacionais

A aeronave decolou do heliponto de Maresias (SDTF) com destino ao Aeroporto de Congonhas (SBSP). Com aproximadamente 25 minutos em voo, a aeronave começou a apresentar grande vibração.

O piloto reduziu a potência a 50% de torque e procurou por um local para o pouso. Devido ao fato de a aeronave estar cruzando a Serra do mar, foi necessário um voo de mais 12 minutos nestas condições antes que um local adequado para a realização de um pouso com segurança pudesse ser encontrado.

Após o pouso, o piloto realizou um cheque visual na aeronave em busca de indícios para a súbita vibração, nada tendo encontrado.

O piloto, então, decolou, mantendo um regime de operação com velocidade constante de 70 kt, no qual a vibração apresentou-se significativamente menor.

O piloto optou por alternar o Campo de Marte (SBMT) em virtude de estar mais próximo deste aeródromo e, assim, evitar o cruzamento por sobre a cidade.

Chegando ao campo de Marte (SBMT), o piloto realizou novo cheque visual, nada encontrando novamente.

No dia seguinte, foi realizada inspeção mais rigorosa pelo pessoal da manutenção da LÍDER, a qual encontrou em uma das pás do rotor principal uma região delaminada na superfície inferior da mesma.

## 5. Informações adicionais

Quanto à comunicação da ocorrência ao SERAC – 4, esta só foi realizada no dia 18 ABR 2000, cerca de nove dias após o ocorrido, pela AIR-JOB que presta consultoria à Hangar Interávia.

A NSMA 3-5 – Comunicação de Acidentes e Incidentes Aeronáuticos, de 30 JAN 1996, item 1-4 – RESPONSABILIDADE, estabelece:

“É da responsabilidade de todos os envolvidos nesta NSMA, a comunicação imediata da ocorrência de todo o acidente ou incidente, ou da existência de destroços de aeronave, à organização do Comando da Aeronáutica mais próxima, pelo meio mais rápido disponível.”

## IV. ANÁLISE

Era uma aeronave praticamente nova. A pá do rotor principal, com poucas horas de uso, sofreu delaminação, causando vibração em vôo.

O piloto efetuou um pouso para inspecionar a aeronave, não encontrando nada de anormal. Decidiu por prosseguir com potência reduzida, optando por mudar o destino para um aeródromo mais próximo.

Depois de detida e repetidas verificações, foi realizada uma inspeção mais rigorosa pelo pessoal da manutenção da LÍDER, na qual descobriu-se uma região delaminada na superfície inferior de uma das pás do rotor principal.

A pá foi substituída e a aeronave retornou ao vôo.

Através dos exames realizados verificou-se que houve uma falha no processo de cura da pá, ocasionando sua delaminação em vôo.

A comunicação da ocorrência só foi realizada cerca de nove dias após o ocorrido. Esta demora na comunicação dos fatos à Autoridade Aeronáutica e aos seus órgãos investigadores compromete os procedimentos de investigação, causando demora e conseqüente atraso na adoção das medidas corretivas.

## V. CONCLUSÃO

### 1. Fatos:

- a. o piloto estava com o seu Certificado de Capacidade Física válido;
- b. os serviços de manutenção foram considerados periódicos e adequados;
- c. o piloto era qualificado e possuía experiência para a realização do vôo;
- d. durante o vôo de cruzeiro a aeronave apresentou vibração;
- e. o piloto efetuou um pouso para inspecionar a aeronave, não encontrando nada de anormal;
- f. o piloto prosseguiu no vôo com potência reduzida, pousando em um campo mais próximo;
- g. em inspeção realizada por técnicos foi verificado que uma das pás do rotor principal sofreu um processo de delaminação;
- h. o surgimento da área de delaminação foi devido a falhas no processo de fabricação;
- i. as pás são fabricadas de modo artesanal;
- j. ocorreram variações não controladas e não desejadas na fabricação da pá;
- k. estas variações ocasionaram uma colagem inadequada do revestimento da superfície inferior na colméia interior de material compósito; e
- l. a comunicação aos órgãos investigadores do Comando da Aeronáutica só foi feita nove dias depois do ocorrido.

### 2. Fatores contribuintes

#### a. Fator Humano

Não contribuiu.

#### b. Fator Material

##### (1) Deficiência de Fabricação – Contribuiu

A falha na pá do rotor principal da aeronave originou-se em uma falha latente na fabricação da mesma, uma vez que não houve um efetivo controle de temperatura e da pressão às quais a pá esteve submetida durante a cura da resina. Ademais, os testes posteriores não foram capazes de detectar a colagem não adequada do revestimento na superfície inferior.

#### c. Fator Operacional

Não contribuiu.

## VI. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA DE VÔO

*Recomendação de Segurança, conforme definido na NSMA 3-9 de 30 JAN 96, é o estabelecimento de uma ação ou conjunto de ações emitidas pelo Chefe do Estado-Maior da Aeronáutica, de CUMPRIMENTO OBRIGATÓRIO pelo órgão ao qual foi dirigida, em ação, prazo e responsabilidade nela estabelecidas.*

1. O CENIPA deverá, no prazo de três meses:

a. Encaminhar cópia deste Relatório Final para a Bell Helicopter Textron.

b. Encaminhar cópia deste Relatório Final para o Federal Aviation Administration (FAA) e para o National Transportation Safety Board (NTSB).

2. O CENIPA deverá, no prazo de seis meses:

Emitir DIVOP a todos os operadores brasileiros de Bell B – 407, de forma a dar ampla divulgação dos fatos contidos no presente Relatório.

Obs.: Ações Preventivas ou Corretivas já executadas:

Sob a supervisão do NTSB e do FAA, a Bell Helicopter – Textron adotou procedimentos, no sentido de alterar os processos de fabricação e prover uma maior e mais adequada supervisão e acompanhamento na fabricação dos seus produtos (pás).

-----  
Em,     /     /2005.