

COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



RELATÓRIO FINAL
A - 009/CENIPA/2014

OCORRÊNCIA:	ACIDENTE
AERONAVE:	PT-YRE
MODELO:	AS 350 BA
DATA:	10FEV2010



ADVERTÊNCIA

Em consonância com a Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986, Artigo 86, compete ao Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – SIPAER – planejar, orientar, coordenar, controlar e executar as atividades de investigação e de prevenção de acidentes aeronáuticos.

A elaboração deste Relatório Final, lastreada na Convenção sobre Aviação Civil Internacional, foi conduzida com base em fatores contribuintes e hipóteses levantadas, sendo um documento técnico que reflete o resultado obtido pelo SIPAER em relação às circunstâncias que contribuíram ou que podem ter contribuído para desencadear esta ocorrência.

Não é foco do mesmo quantificar o grau de contribuição dos fatores contribuintes, incluindo as variáveis que condicionam o desempenho humano, sejam elas individuais, psicossociais ou organizacionais, e que possam ter interagido, propiciando o cenário favorável ao acidente.

O objetivo único deste trabalho é recomendar o estudo e o estabelecimento de providências de caráter preventivo, cuja decisão quanto à pertinência e ao seu acatamento será de responsabilidade exclusiva do Presidente, Diretor, Chefe ou correspondente ao nível mais alto na hierarquia da organização para a qual são dirigidos.

Este relatório não recorre a quaisquer procedimentos de prova para apuração de responsabilidade no âmbito administrativo, civil ou criminal; estando em conformidade com o item 3.1 do “attachment E” do Anexo 13 “legal guidance for the protection of information from safety data collection and processing systems” da Convenção de Chicago de 1944, recepcionada pelo ordenamento jurídico brasileiro por meio do Decreto nº 21.713, de 27 de agosto de 1946.

Outrossim, deve-se salientar a importância de resguardar as pessoas responsáveis pelo fornecimento de informações relativas à ocorrência de um acidente aeronáutico, tendo em vista que toda colaboração decorre da voluntariedade e é baseada no princípio da confiança. Por essa razão, a utilização deste Relatório para fins punitivos, em relação aos seus colaboradores, além de macular o princípio da “não autoincriminação” deduzido do “direito ao silêncio”, albergado pela Constituição Federal, pode desencadear o esvaziamento das contribuições voluntárias, fonte de informação imprescindível para o SIPAER.

Consequentemente, o seu uso para qualquer outro propósito, que não o de prevenção de futuros acidentes, poderá induzir a interpretações e a conclusões errôneas.

SINOPSE

O presente Relatório Final refere-se ao acidente com a aeronave PT-YRE, modelo AS350, ocorrido em 10FEV2010, no município de São Paulo, SP, classificado como falha de sistema ou componente.

Aproximadamente trinta minutos após a decolagem, o piloto teve problemas com o controle direcional da aeronave.

Pouco tempo depois, a aeronave foi observada em voo espiral descendente até colidir contra o solo.

O piloto faleceu no local e o passageiro sofreu lesões graves.

A aeronave teve danos substanciais.

Houve a designação de Representante Acreditado da França – BEA (*Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile*).

ÍNDICE

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS.....	5
1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....	6
1.1. Histórico do voo.....	6
1.2. Lesões às pessoas.....	6
1.3. Danos à aeronave.	6
1.4. Outros danos.....	6
1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.....	6
1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.....	6
1.5.2. Formação.	7
1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.	7
1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.....	7
1.5.5. Validade da inspeção de saúde.	7
1.6. Informações acerca da aeronave.	7
1.7. Informações meteorológicas.	8
1.8. Auxílios à navegação.	8
1.9. Comunicações.....	8
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	8
1.11. Gravadores de voo.....	8
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.	9
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.	9
1.13.1. Aspectos médicos.....	9
1.13.2. Informações ergonômicas.....	10
1.13.3. Aspectos Psicológicos.....	10
1.14. Informações acerca de fogo.....	12
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.	12
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	13
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.	33
1.18. Informações operacionais.	34
1.19. Informações adicionais.....	36
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	37
2. ANÁLISE.....	37
3. CONCLUSÃO.....	49
3.1. Fatos.	49
3.2. Fatores contribuintes.....	50
4. RECOMENDAÇÃO DE SEGURANÇA	53
5. AÇÃO CORRETIVA OU PREVENTIVA JÁ ADOTADA.....	53

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

ABRAPHE	Associação Brasileira de Pilotos de Helicóptero
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
APP	<i>Approach Control</i> – Controle de aproximação
APP-SP	Controle de aproximação São Paulo
APPA	Associação de Pilotos e Proprietários de Aeronaves
ATS	<i>Air Traffic Services</i> – Serviços de tráfego aéreo
BEA	<i>Bureau d'Enquêtes et d'Analyses</i> – Escritório de Pesquisa e Análise
CCF	Certificado de Capacidade Física
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CHT	Certificado de Habilitação Técnica
CIAA	Comissão de Investigação de Acidentes Aeronáuticos
CIV	Caderneta Individual de Voo
CNPAA	Comitê Nacional de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
ESA	Escola Superior de Aviação
FCU	<i>Fuel Control Unit</i> – Unidade controladora de combustível
HBV	Horário Brasileiro de Verão
IAC	Instrução da Aviação Civil
INSPAC	Inspetor da Aviação Civil
Lat	Latitude
Long	Longitude
PCH	Piloto Comercial - Helicóptero
PPH	Piloto Privado – Helicóptero
RBHA	Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica
RS	Recomendação de Segurança
SBMT	Designativo de localidade – Aeródromo de Campo de Marte, SP
SBSP	Designativo de localidade – Aeródromo de Congonhas, SP
SERIPA	Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SOP	<i>Standard Operating Procedures</i> – <i>Procedimentos Operacionais Padrão</i>
TPP	Categoria de registro de aeronave Privada - Serviços Aéreos Privados
UTC	<i>Coordinated Universal Time</i> – Tempo Universal Coordenado
VFR	<i>Visual Flight Rules</i> – Regras de voo visual

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	Modelo: AS 350 BA Matrícula: PT-YRE Fabricante: Eurocopter France	Operador: Rede Record S/A
Ocorrência	Data/hora: 10FEV2010 / 09:03 (UTC) Local: Jockey Club de São Paulo Lat. 23°34'33"S Long. 046°42'08"W Município – UF: São Paulo – SP	Tipo(s): Falha de sistema ou componente

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Aeródromo do Campo de Marte (SBMT) para a região do Morumbi, em São Paulo, SP, às 06h33min, no Horário Brasileiro de Verão (HBV), com um piloto e um cinegrafista, para realização de cobertura cinematográfica.

Com aproximadamente trinta minutos de voo, o piloto reportou, na frequência do Controle de Aproximação São Paulo (APP-SP), que se encontrava com dificuldades para controlar a aeronave por problemas no rotor de cauda e que iria para a vertical do Jockey Club para tentar um pouso de emergência.

Pouco tempo depois, a aeronave entrou em voo espiral descendente até colidir contra o solo.

1.2. Lesões às pessoas.

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	1	-	-
Graves	-	1	-
Leves	-	-	-
Ilesos	-	-	-

1.3. Danos à aeronave.

A aeronave teve danos substanciais.

1.4. Outros danos.

Não houve.

1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.**1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.**

Horas Voadas	
Discriminação	Piloto
Totais	8.541:10
Totais, nos últimos 30 dias	33:20
Totais, nas últimas 24 horas	01:25
Neste tipo de aeronave	Desconhecido
Neste tipo, nos últimos 30 dias	33:20
Neste tipo, nas últimas 24 horas	01:25

Obs.: Os dados relativos às horas voadas foram obtidos através dos registros na Caderneta Individual de Voo (CIV) do piloto.

1.5.2. Formação.

O piloto realizou o curso de Piloto Privado – Helicóptero (PPH) na Escola Superior de Aviação S/C – ESA - São Paulo/SP, em 1973.

1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.

O piloto possuía Licença de Piloto Comercial – Helicóptero (PCH) e estava com a Habilitação Técnica de Aeronave (CHT) tipo H350 válida.

1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

O piloto estava qualificado e possuía experiência suficiente para realizar o tipo de voo.

1.5.5. Validade da inspeção de saúde.

O piloto estava com o Certificado de Capacidade Física (CCF) válido.

1.6. Informações acerca da aeronave.

A aeronave, de número de série 2832, foi fabricada pela *Eurocopter France*, em 1994.

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

As cadernetas de célula e de motor estavam com as escriturações desatualizadas.

Os registros no diário de bordo estavam em desacordo com a IAC 3151, de 02JUN2002, item 9.3, o que dificultou a quantificação exata das horas voadas pela aeronave.

Pode-se afirmar, com uma margem de erro aproximada de 2 horas, que:

- a) a célula da aeronave totalizava 8.018 horas e 55 minutos;
- b) a última grande revisão (12 anos, tipo C) foi finalizada em setembro de 2007 e o helicóptero voou 610 horas após essa data;
- c) o último registro de manutenção no rotor de cauda foi de 21DEZ2009, estando o helicóptero com 7.833 horas e 25 minutos de voo. Nesse serviço, o rotor de cauda foi desmontado para a substituição dos *hertalites* do platô do comando do rotor de cauda;
- d) após a montagem, os registros indicavam que o rotor de cauda havia sido balanceado e estava dentro dos limites previstos no manual do fabricante. Desde essa intervenção até o dia do acidente, o helicóptero voou 185 horas e 30 minutos de voo; e
- e) a última inspeção de 100 horas foi finalizada em 21JAN2010 e o helicóptero estava com 7.942 horas e 10 minutos de voo totais. Após essa inspeção, o helicóptero voou 76h40m e 40 minutos, até o dia do acidente.

Não havia registros da realização das inspeções intermediárias de 7 dias, 10 horas, 25 horas, 30 horas e 50 horas. Essas inspeções eram realizadas somente quando da realização da inspeção de 100 horas e registradas retroativamente. No dia do acidente, todas as inspeções intermediárias estavam vencidas.

Não havia registros da realização das inspeções de pré-voo, intervoo e pós-voo.

Está previsto, no manual de manutenção do motor, a realização da lavagem do compressor após o último voo de cada dia, porém, não havia registro da realização desses serviços.

Foi constatado que, no dia do acidente, o servo de acionamento do rotor de cauda, estava vencido há 11 horas, entretanto, essas horas estavam dentro da tolerância prevista pelo fabricante.

1.7. Informações meteorológicas.

Nada a relatar.

1.8. Auxílios à navegação.

Nada a relatar.

1.9. Comunicações.

Todas as comunicações foram realizadas na frequência 118,35 MHz, do Controle de Aproximação de São Paulo - APP-SP.

A comunicação da pane foi realizada dois minutos antes da queda do helicóptero e, nesse tempo, o piloto utilizou a frequência dez vezes, a uma média de um contato a cada 12 segundos. Segue um resumo das comunicações nos instantes que antecederam o acidente:

- às 09h21min18seg o piloto chamou outra aeronave que voava nas proximidades e informou que estava com problema no rotor de cauda e estava indo para o *Jockey Club*;
- às 09h21min19seg, o piloto informou ao APP-SP que estava com problema no rotor de cauda do helicóptero e estava indo para o *Jockey Club* e que não conseguia manter a proa;
- o APP-SP orientou para que ficasse na escuta daquele órgão. Em seguida, perguntou ao piloto se estava em emergência. O piloto respondeu afirmativamente;
- o controlador informou que iria suspender as aproximações e as decolagens no Aeroporto de Congonhas (SBSP);
- às 09h21min43seg, o piloto informou, nessa frequência, que estava em cima do *Jockey Club* e que iria tentar fazer o pouso ali. Depois, chamou a outra aeronave, que respondeu para prosseguir com calma;
- às 09h21min53seg, o piloto transmitiu a seguinte informação ao outro piloto: “é o seguinte..., eu não consigo dar pedal esquerdo que ele vibra muito, ele tá com... a cara muito prá esquerda, ao contrário de uma pane do rotor de cauda, entendeu?”.
- às 09h22min04seg o piloto da outra aeronave perguntou se ele não conseguiria fazer um “corrido”, sendo respondido que iria tentar fazer o “corrido” no *Jockey Club*;

Obs. A expressão “corrido” refere-se à realização de um pouso corrido.

- às 09h23min11seg, o controle chamou a aeronave em emergência, não obtendo resposta; e
- o outro piloto que acompanhava a aeronave em emergência informou, às 09h23min20seg, na frequência, que a aeronave havia caído no *Jockey Club*.

1.10. Informações acerca do aeródromo.

A ocorrência se deu fora de aeródromo.

1.11. Gravadores de voo.

Não requeridos e não instalados.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

Imagens de vídeo disponíveis mostraram que o helicóptero desceu numa trajetória vertical, sem considerável valor de velocidade à frente.



Figura 1 - Visão geral dos destroços no local do acidente.

As características dos destroços evidenciaram que o impacto da aeronave contra o solo ocorreu com grande energia. Houve afundamento do piso da cabine e deformação da estrutura que dá suporte à cadeira do piloto.

1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.

1.13.1. Aspectos médicos.

No dia anterior ao acidente, o piloto pousou o helicóptero às 20h00min HBV e se ausentou do hangar por volta das 20h30min HBV.

Estimando-se os tempos para deslocamento até a residência e atividades domésticas, é razoável estimar que ele tenha ido dormir por volta das 23h00min HBV.

A decolagem, no dia do acidente, ocorreu às 6h33min HBV.

Considerando-se o tempo para deslocamento e outras atividades matinais, como desjejum, pode-se inferir que o piloto tenha acordado, aproximadamente, às 5h00min HBV.

Portanto, o tempo real de descanso assumindo-se essas hipóteses teria sido de aproximadamente seis horas.

A Lei nº 7183, de 05 de abril de 1984, que regula o exercício da profissão de aeronauta, prevê, no art. 34, alínea “a”, que “o repouso do aeronauta deve ser de 12 horas, após jornada de até 12 horas”.

A Portaria Interministerial nº 3016, de 05FEV1988 expede instruções para a execução da lei supracitada e, no seu artigo 23, considera que a jornada de trabalho é o tempo decorrido entre a hora de apresentação no local de trabalho (não podendo esta apresentação ser inferior a 30 minutos da hora prevista para o início do voo) e a hora em que o mesmo é encerrado (a hora de término será considerada 30 minutos após a parada total dos motores ou do término dos serviços em terra).

O piloto fez uso do medicamento Omeprazol para tratamento de refluxo gastroesofágico. Esse medicamento pode provocar sonolência e diminuir os reflexos.

O piloto não fumava e não fazia uso de drogas ilícitas. Não havia indícios de álcool no sangue e estava sem queixas relacionadas ao aspecto físico no dia do acidente.

O piloto teve morte causada por traumatismo cranioencefálico, devido a instrumento contundente, relacionado com o acidente.

1.13.2. Informações ergonômicas.

Nada a relatar.

1.13.3. Aspectos Psicológicos.

Informações individuais

Piloto

O piloto foi descrito como sendo um pai dedicado e uma pessoa reservada.

Começou a voar aos 23 anos na Escola ESA e, apesar de dificuldades financeiras, formou-se piloto por esforço próprio. Concluiu o curso de PCH na *Helischool*, trabalhou como instrutor de voo e foi o responsável pela formação de muitos pilotos, dentre os quais se destacam seus dois irmãos.

Trabalhou por sete anos com o operador da aeronave acidentada, ficou um ano afastado e foi recontratado cerca de um ano antes do acidente.

Aparentemente, o piloto estava satisfeito com o empregador, tendo recusado outras ofertas de emprego.

Em 2003, teve uma falha de motor real, em um helicóptero modelo Robinson, durante um voo pairado fora do efeito solo a, aproximadamente, 500 pés de altura, em São Paulo. Conseguiu fazer uma autorrotação, conforme previsto, e executou o pouso em um terreno livre de obstáculos. O helicóptero teve danos mínimos e os ocupantes saíram ilesos.

No dia anterior ao acidente, relatou a outro piloto da empresa, ter sentido um comportamento anormal do helicóptero durante o pouso. Ao que tudo indica, essa informação não teve um tratamento adequado e o fato não foi reportado e/ou averiguado por um mecânico qualificado.

Mecânico

O mecânico que executou a última montagem do rotor de cauda da aeronave era instrutor de manutenção. Trabalhava há sete anos na oficina que realizou a manutenção do helicóptero e estava há dois anos e meio na função.

Relatou pretender continuar na empresa até a aposentadoria. Afirmou que a empresa investia nos funcionários e que a considerava um excelente local de trabalho, onde tinha abertura para se dirigir do Gerente ao Diretor Presidente.

Relatou ter realizado o serviço de montagem do rotor de cauda do AS350 por seis vezes, incluindo a manutenção da aeronave acidentada. Mencionou lembrar-se do processo de montagem do rotor de cauda do helicóptero em questão e de ter aplicado o torque no parafuso da maneira prevista no manual, o qual estava aberto na bancada para consulta no momento do serviço (essa montagem está descrita em detalhes em 1.16).

A ação foi acompanhada, de perto, por um estagiário que estava sendo instruído por ele e foi supervisionada por um inspetor de manutenção.

Disse, ainda, que, aquele não era um serviço comum e que foi feito com atenção, enquanto ia explicando ao estagiário o passo a passo do processo de montagem.

Mencionou que, em sua opinião, considerava impossível ter montado o conjunto de maneira errada, por ser um erro muito grosseiro, diferente do previsto e que, caso esse erro tivesse sido cometido, não passaria despercebido por todos os demais profissionais envolvidos no processo.

Segundo esse mecânico, sua opinião era de que o helicóptero não havia saído da oficina de manutenção com o rotor de cauda montado incorretamente.

Inspetor responsável

O inspetor responsável pela aeronave no serviço de montagem do rotor de cauda trabalhava na empresa há doze anos.

Descreveu-se como uma pessoa exigente, possuidor de todos os cursos inerentes à sua profissão e capacitado em todas as aeronaves e motores de fabricação *Eurocopter*. Estava há seis anos no cargo de inspetor.

Relatou que considerava impossível que o erro de montagem do rotor de cauda tivesse acontecido na revisão de 100 horas do dia 21DEZ2009. Disse, ainda, que considerava improvável a possibilidade de se realizar o balanceamento do rotor de cauda se a montagem estivesse errada e achava estranho que os pilotos não tivessem sentido qualquer vibração nos pedais no período entre a revisão e o acidente.

Ressaltou que não houve registro de problemas no rotor de cauda. Mencionou, ainda, que ele e o mecânico participaram do voo de teste com o piloto que veio a falecer no acidente, quando a aeronave foi entregue, após a revisão.

Relatou que o que viu no rotor de cauda, ao liberar o helicóptero na revisão de 100 horas, não era o que havia visto nas fotos da aeronave pós-acidente.

Informações psicossociais

O piloto era uma pessoa de poucos amigos, mas bem quisto no ambiente de trabalho. Era da confiança do Diretor Responsável pela atividade aérea na empresa, que, frequentemente, o procurava para ser assessorado frente a diversas situações.

O cinegrafista reportou que tinha um bom relacionamento com o piloto acidentado, com quem havia voado várias vezes.

O grupo de trabalho se relacionava informalmente para tratar de assuntos ligados à atividade aérea. O Coordenador e o Diretor possuíam conhecimento restrito da atividade aérea e, frequentemente, aceitavam a posição dos comandantes no processo decisório.

Havia uma cultura de trabalho informal, baseada na amizade e carente de padrões operacionais definidos pela chefia. Os pilotos aceitavam voar o helicóptero sem que as inspeções intermediárias, de pré-voo e de pós-voo, fossem conduzidas conforme o manual de manutenção da aeronave.

Informações organizacionais

O emprego do helicóptero exigia do piloto rapidez, precisão, voo em espaço aéreo restrito, sob grande concentração de pessoas ou edificações, à baixa velocidade ou mesmo em voo pairado.

Os processos na empresa operadora eram informais e careciam de registros e controles. A liberação de um voo era realizada por telefone e a decisão de cumprir a missão era exclusiva do piloto. O papel de cada um dentro do grupo de trabalho não era claramente definido.

A escala de trabalho era informal e as trocas eram realizadas entre os próprios pilotos, sem supervisão ou controle. O lançamento das horas voadas pela aeronave em diário de bordo era feito sem padronização.

Segundo o Diretor da atividade aérea, os pilotos tinham todo o apoio da direção para abortar ou recusar um voo.

Não existia um manual que descrevesse os procedimentos e limites a serem cumpridos no desempenho da atividade aérea, uma vez que não era exigido pela legislação em vigor.

A investigação verificou que ocorriam falhas no planejamento das manutenções dos equipamentos, atrasando a parada destes para revisão.

A empresa não controlava adequadamente o treinamento de seus tripulantes no que tange a obrigatoriedade e frequência de realização. O último treinamento do piloto envolvido no acidente ocorreu em 2006. Em 2008 ele realizou um voo de cheque, que também foi considerado como voo de treinamento.

Os entrevistados se referiram à empresa como sendo uma “família”. O clima era de camaradagem e cooperação. A aparente falta de padronização era considerada uma demonstração de confiança, tanto por parte da direção, quanto por parte dos pilotos.

1.14. Informações acerca de fogo.

Não havia nenhuma evidência de fogo em voo ou após o impacto.

1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.

O piloto faleceu no local do acidente em razão de um traumatismo na região do seu olho direito. Sua cabeça foi violentamente chicoteada para baixo e bateu no seu próprio joelho. O afundamento do banco no assoalho afrouxou o cinto de segurança e inutilizou o suspensório.

O operador de câmera foi retirado do helicóptero por outro piloto, que presenciou o acidente, e foi socorrido pela ambulância do *Jockey Club*. Em seguida, foi levado ao hospital e permaneceu em coma por vários dias.



Figura 2 - Visão de como o cinto do piloto ficou após o impacto.

O banco do piloto não era do tipo *anti-crash* e os pontos de fixação dos cintos de segurança estavam no piso da aeronave, conforme previsto pelo projeto da aeronave.

1.16. Exames, testes e pesquisas.

Motor

O resultado da análise do motor e de seus acessórios, realizado pelo Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) concluiu que não foi identificado nada que pudesse provocar o mau funcionamento do sistema motopropulsor. As características observadas indicam que, no momento em que a aeronave se acidentou, o motor estava apenas com rotação residual.

A queda da aeronave foi filmada e as imagens sugerem que o piloto efetuou o corte do motor no momento em que a aeronave começou a girar. Uma fumaça branca que aparece saindo do motor pode indicar o exato momento em que o corte do combustível foi realizado.

Rotor de cauda

O rotor de cauda foi encontrado bastante íntegro, com uma das pás praticamente intacta.



Figura 3 – Pás do rotor de cauda.

A pá mais danificada apresentava marcas de terra na sua extremidade e danos, muito provavelmente, causados em decorrência do impacto desta contra o solo. Essa afirmação é corroborada pela ausência de danos significativos na outra pá.

Caixa de 90°

A caixa de 90° foi aberta na Helibrás e na *Eurocopter*.

Não foram encontrados indícios de mau funcionamento do componente, que manteve suas características de funcionamento nos testes de bancada.

Eixo cônico, parafuso de fixação e garfo de sustentação das pás do rotor de cauda

O eixo cônico foi analisado no DCTA e na *Eurocopter*. Os resultados dos trabalhos se complementam e informações importantes foram obtidas.

Descrição do sistema

Para facilitar a compreensão dos resultados dos exames, faz-se necessária uma sucinta descrição do sistema. O eixo cônico transmite a rotação do motor para o rotor de cauda. Gira a uma rotação elevada, que ultrapassa as 2.000 rotações por minuto. O



Figura 5 - Eixo cônico pronto para ser instalado. Detalhe para a chave na parte superior do eixo.

Na figura 5 pode-se observar a chave, em destaque, a qual possui duas finalidades: a primeira é auxiliar na tarefa de fixar o garfo de sustentação das pás do rotor de cauda e impedir que ele se movimente em relação ao eixo cônico; e a segunda é servir de indicador (“dedo duro”) quando há uma parada brusca do rotor de cauda. Para cumprir essas finalidades, é necessário que, durante o acoplamento entre o garfo e o eixo cônico, a chave seja devidamente encaixada em seu alojamento no garfo.



Figura 6 – Garfo de sustentação das pás do PT-YRE (esq.). No detalhe, a parte interna do garfo com o alojamento da chave em destaque.

Quando há uma parada brusca do rotor de cauda, (resultante da colisão das pás contra o solo ou obstáculo, por exemplo) a chave se rompe, mas o garfo não chega a girar uma volta completa em torno do eixo cônico. Com relação à chave, espera-se que a parte rompida permaneça no interior do seu alojamento, no garfo.

O sistema é acoplado e fixado por intermédio de um parafuso de fixação, representado em lilás na figura 4. Além desse parafuso, outros dois (em verde na figura 4) limitam o batimento das pás do rotor de cauda.

Durante as análises do DCTA, o parafuso de fixação, o eixo cônico e o garfo de sustentação das pás do rotor de cauda do PT-YRE apresentaram evidências de que houve rotação relativa entre eles, conforme Figura 6.

Parafuso de fixação do sistema

Ao analisar o parafuso de fixação do garfo ao eixo cônico, os técnicos verificaram que a arruela de travamento estava fora de sua posição original e constataram que o parafuso estava quase sem torque. Estima-se que foi necessário algo em torno de 2kgf.m para retirá-lo de sua posição. Encontraram, também, marcas circulares de cor azul na cabeça do parafuso. Essas marcas foram causadas pelo atrito deste com os parafusos que limitam o *flapping* das pás do rotor de cauda, como ilustram as figuras 7 e 8. Também foram encontradas marcas de atrito circular na parte de baixo da cabeça do parafuso de fixação (figura 9). Todas essas evidências indicam que o parafuso girou em relação ao garfo.



Figura 7 – Parafuso de fixação do garfo ao eixo cônico. Nota-se que a arruela de travamento está fora de sua posição original e que há uma marca circular azul em torno da cabeça do parafuso.

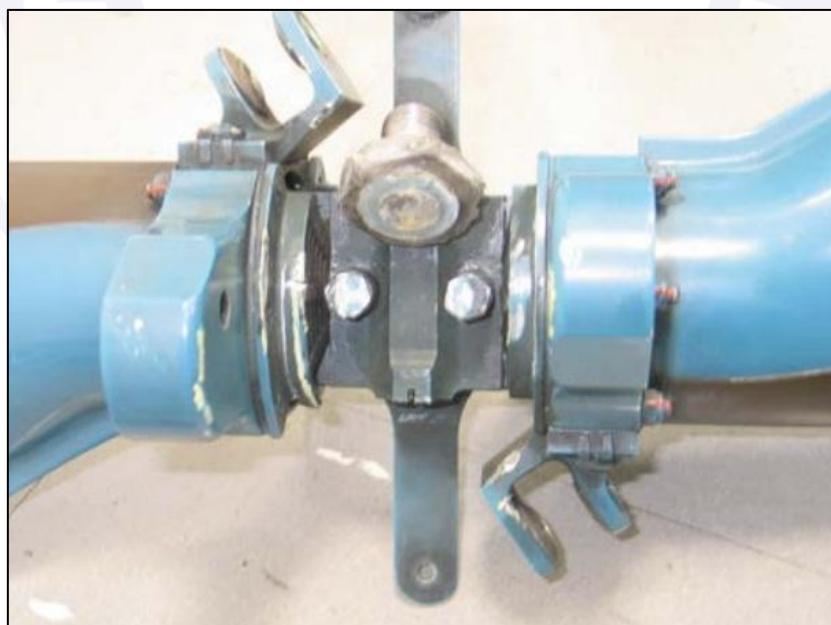


Figura 8 – Parafusos de limitação do *flapping* das pás do rotor de cauda. Nota-se que a marca azulada no parafuso de fixação foi causada pelo atrito deste com os dois parafusos de limitação do *flapping*.



Figura 9 – Marca de atrito circular na parte de baixo da cabeça do parafuso de fixação do garfo ao eixo cônico.

Garfo de sustentação das pás do rotor de cauda

Durante a análise da região interna do garfo de sustentação das pás, verificaram-se marcas de atrito circunferenciais onde o eixo cônico se acopla. Ademais, detectou-se a presença de material da chaveta, desgastado e incrustado, em toda a circunferência interna do garfo e constatou-se a ausência desse mesmo material no interior do alojamento da chaveta. Por fim, foi observada presença de material do selante ao longo da circunferência interna do garfo.

A figura 10 compara o interior de um garfo com fratura da chaveta decorrente de uma parada brusca (foto da esquerda) com o garfo do PT-YRE (foto da direita). Observa-se que, na foto da esquerda, a parte fraturada da chaveta se mantém no seu alojamento no garfo, o que não aconteceu no PT-YRE ilustrado à direita.



Figura 10 – Comparação entre um garfo com fratura da chaveta (esq.) e o garfo do PT-YRE (dir.).

Com a participação da *Eurocopter*, foi feito um corte transversal no garfo e as marcas internas na peça foram comparadas com as marcas do eixo cônico. A intenção era determinar qual a posição relativa entre as duas peças quando ocorreu a falha.

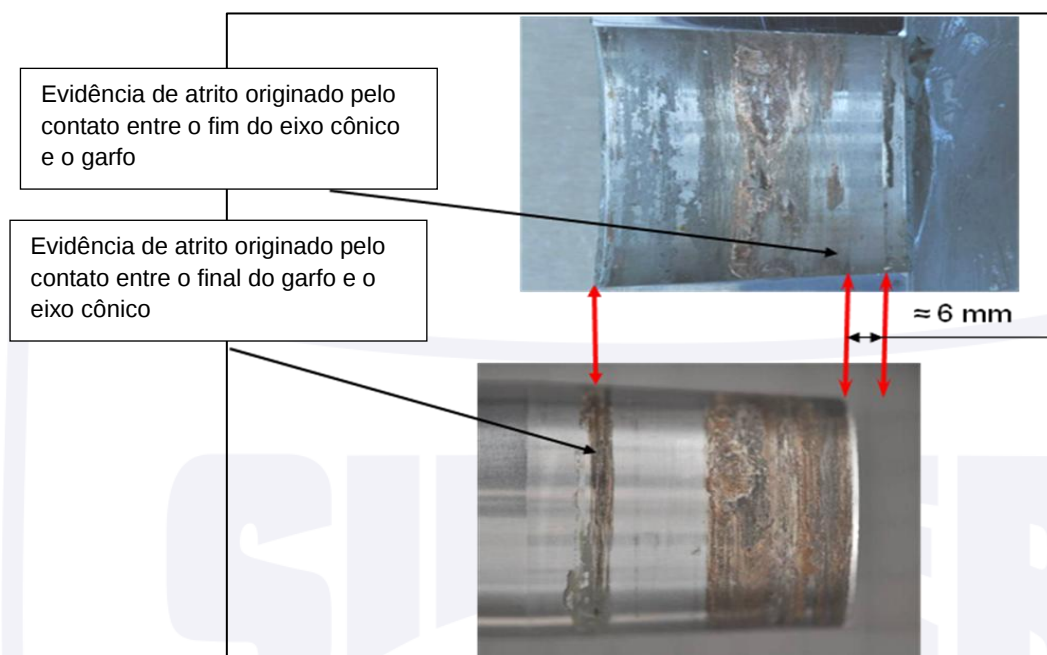


Figura 11 - Evidência de desconexão entre o eixo cônico e o garfo.

Todas as evidências indicam que houve rotação relativa entre o eixo cônico e o garfo.

Eixo cônico

Ao analisar o eixo cônico, a equipe constatou que havia marcas de atrito circunferenciais em sua superfície. Verificou-se, ainda, o desgaste total da chaveta e a presença de material desta e do selante em toda a circunferência do eixo, como mostra a figura abaixo.

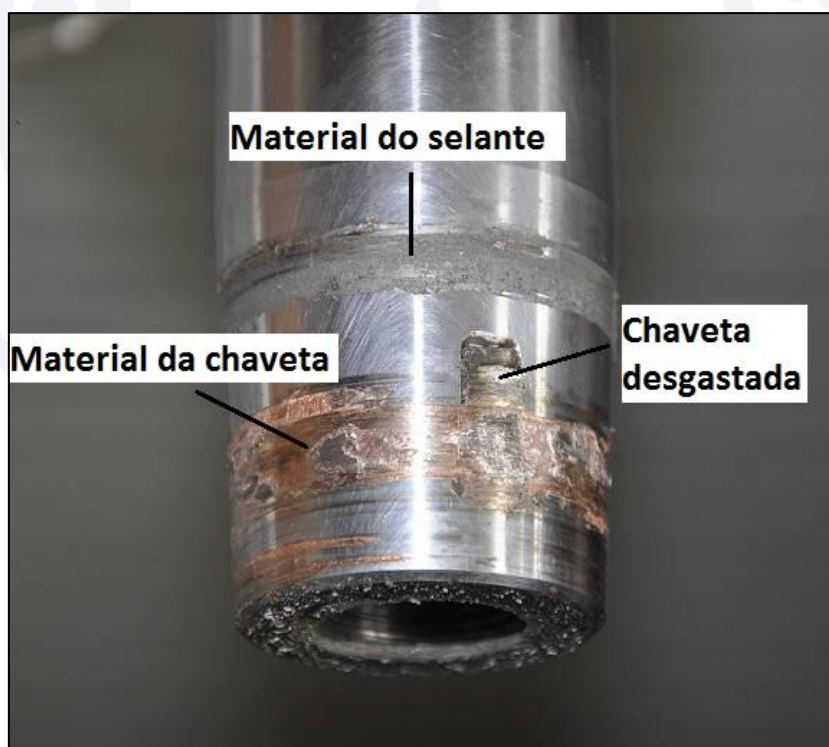


Figura 12 - Eixo cônico do PT-YRE, como encontrado após a desmodulação.

Todas as evidências indicam que houve rotação relativa entre o eixo cônico e o garfo.

Transmissão Traseira (eixo curto, eixo longo)

Durante a Ação Inicial, no local do acidente, foi observado que havia uma ruptura na árvore de acionamento do rotor de cauda e na conexão do eixo longo com o eixo curto.

O eixo curto, o eixo longo e o rolamento que dá suporte à conexão de ambos foram analisados no DCTA e na *Eurocopter*. As seguintes considerações constam do relatório técnico da Divisão de Materiais (AMR) do DCTA.

Houve falha do eixo longo na região dos seus parafusos de fixação. As marcas encontradas correspondem a uma fratura por cisalhamento em torção por sobrecarga, provavelmente, devido a um travamento. Exames realizados nas partes anteriores ao eixo de acionamento do rotor de cauda não apresentaram nenhum problema que pudesse ocasionar o travamento deste.



Figura 13 - Transmissão traseira como foi encontrada na Ação Inicial.



Figura 14 - Falha observada no eixo longo. Inclinação da fratura indica que houve sobrecarga por torção

Após a quebra, o eixo continuou girando forçado sobre a conexão. Observou-se que houve atrito e temperaturas elevadas entre o eixo longo (externo) e o eixo curto (interno), causando a fusão do material dos eixos (Figura 16). Essas evidências sugerem que os eixos ficaram concêntricos, e que houve transmissão de rotação por algum período de tempo.



Figura 15 - Extremidade do eixo longo rompida na região de conexão com o eixo curto.



Figura 16 - Metal derretido (fusão) depositado na conexão entre os eixos

Simulações realizadas na Helibrás

A ausência de torque no parafuso de fixação chamou a atenção do investigador encarregado e da *Eurocopter*. Não é comum este tipo de evidência, tanto pela simplicidade de instalação do sistema, quanto pela sua robustez e, ainda, pelos torques previstos a serem aplicados no parafuso.

Após os estudos necessários, chegou-se à conclusão que a ausência de torque observada no acidente poderia ocorrer em três situações:

- se o mecânico, durante a montagem, deixasse de aplicá-lo no parafuso;
- se o garfo fosse instalado com a chaveta fora do seu alojamento; e
- se as situações 1 e 2 ocorressem simultaneamente.

Com a finalidade de se verificar o comportamento do sistema do rotor de cauda, nas situações acima descritas, foram realizadas simulações no laboratório da Helibrás, cujos resultados serão expostos a seguir. A *Eurocopter* realizou os mesmos testes na França e chegou às mesmas conclusões.

Inicialmente, foi conduzido um estudo do sistema e de seus componentes, seguido da verificação dos passos previstos em manual para se montar o garfo no eixo cônico.

Observou-se que se tratava de procedimento muito simples e de fácil execução.

A sequência completa de modulação do sistema, como definido em manual, está descrita abaixo:

- 1 - Instale a chaveta no eixo cônico (na verdade, a chaveta já vem colada ao eixo, quando este chega da fábrica);
- 2 - Acople o garfo no eixo cônico, atentando para a chaveta ficar exatamente no seu trilho (alojamento);

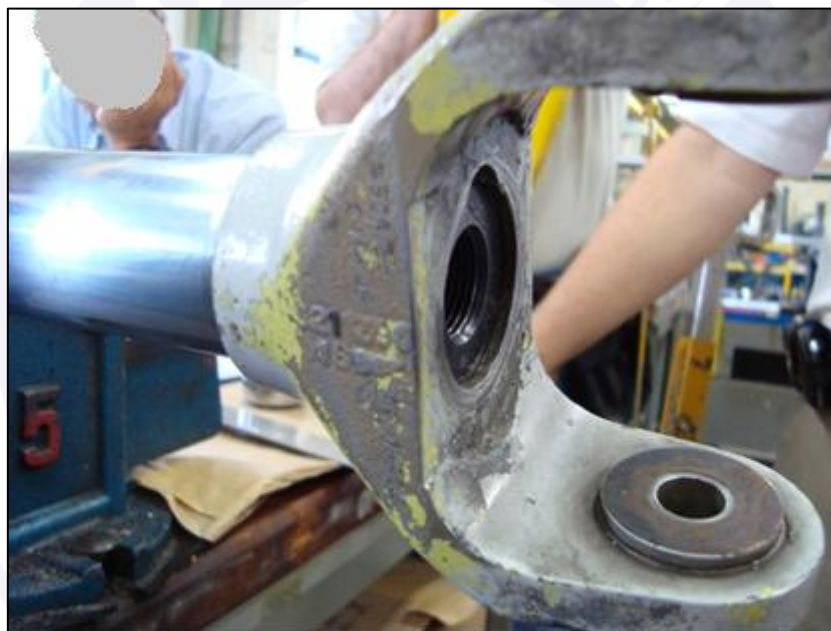


Figura 17 - Garfo instalado no eixo cônico.

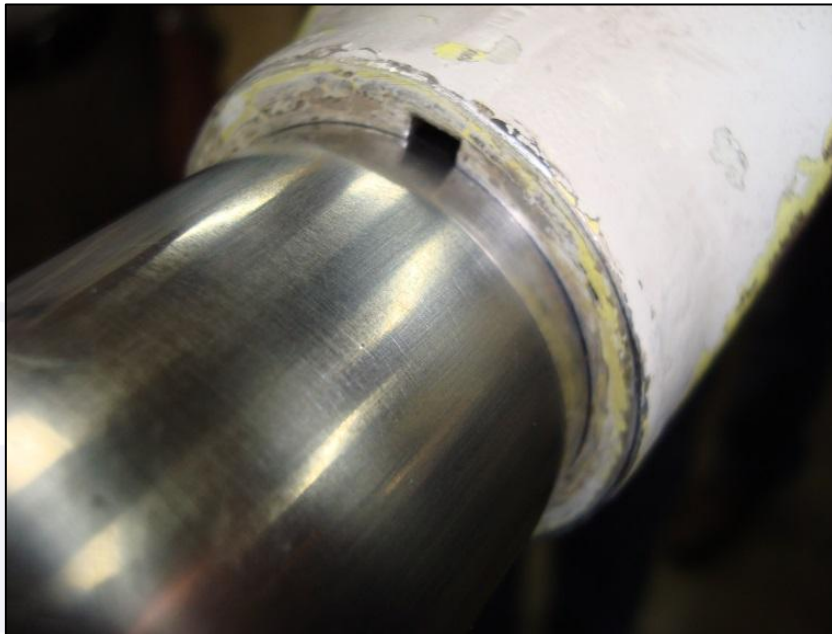


Figura 18 - Detalhe da posição correta de instalação com a chaveta em seu trilho (alojamento).

3- Coloque a arruela e o parafuso (Figuras 19 e 20);



Figura 19 - Colocação correta da arruela.



Figura 20 - Instalação do parafuso

- 4- Não lubrificar o eixo cônico;
- 5- Aplique 26kgf.m de torque no parafuso (este torque serve para que o garfo encaixe perfeitamente no eixo cônico. Figura 21);



Figura 21 - Aplicação de torque no parafuso com o uso de um torquímetro.

- 6- Retire o parafuso de fixação;
- 7- Retire a arruela (neste momento, foi verificado que a arruela fica deformada e há necessidade de substituição desta por uma nova);
- 8- Aplique *Loctite* 242 no parafuso (Figura 22);



Figura 22 - Aplicação do *Loctite* no parafuso, antes da aplicação do torque final.

- 9- Coloque polímero na face do eixo com o garfo, abaixo da arruela, para evitar a entrada de umidade;
- 10- Instale a arruela e o parafuso;
- 11- Aplique o torque final, que deve ser entre 12 e 13kgf.m;
- 12- Certifique-se que a arruela não girou, saindo do entalhe;
- 13- Dobre a aba de travamento da arruela de forma que esta coincida com a superfície perpendicular da cabeça do parafuso;
- 14- Aplique polímero na cabeça do parafuso e na parte posterior do garfo; e
- 15- Aguarde em torno de 24 horas para o primeiro giro da aeronave (verificar Manual de Técnicas Correntes).

Instalação incorreta do garfo no eixo cônico

Durante a retirada do parafuso do garfo no laboratório do DCTA, verificou-se que foram necessários, apenas, 2kgf.m para retirá-lo. Como dito anteriormente, essa evidência não seria esperada caso o sistema tivesse sido modulado corretamente. Passou-se, então, a estudar como o sistema se comportaria se tivesse sido montado incorretamente.

A primeira possibilidade considerada foi a de que o garfo não teria sido adequadamente instalado no eixo cônico. Foi simulada a montagem incorreta com a chaveta fora do seu entalhe. A foto abaixo mostra como seria a aparência do sistema nessas condições.



Figura 23 - Montagem incorreta do garfo no eixo cônico.

Observou-se que, apesar da aparência grosseira, é possível cumprir todos os passos para a modulação do sistema e o torque previsto (26kgf.m) é aceito.

Pode-se observar na figura 23 que o sistema fica “sobrepосто” e que o torque aplicado é absorvido pela chaveta. Foi possível perceber que o garfo não se encaixa perfeitamente no eixo cônico, havendo um espaço de 0,8 mm entre as duas peças.

Quando modulado de forma correta, cerca de 37 a 38mm do eixo cônico ficam inseridos no garfo de sustentação das pás (figura 24) e, na parte frontal, resta um espaço de 3 mm entre as extremidades do eixo e do garfo (figura 25).

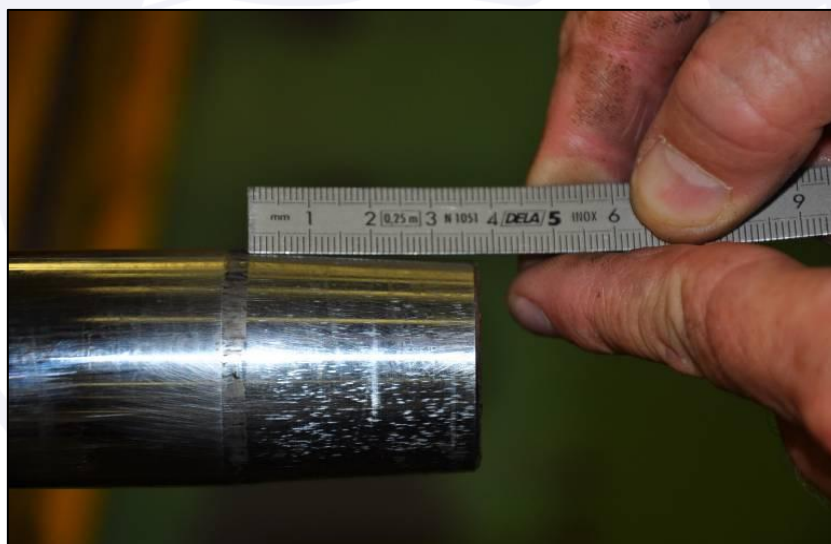


Figura 24 – Parte do eixo cônico que fica inserida no garfo, corresponde entre 37 e 38 mm, quando montado corretamente.

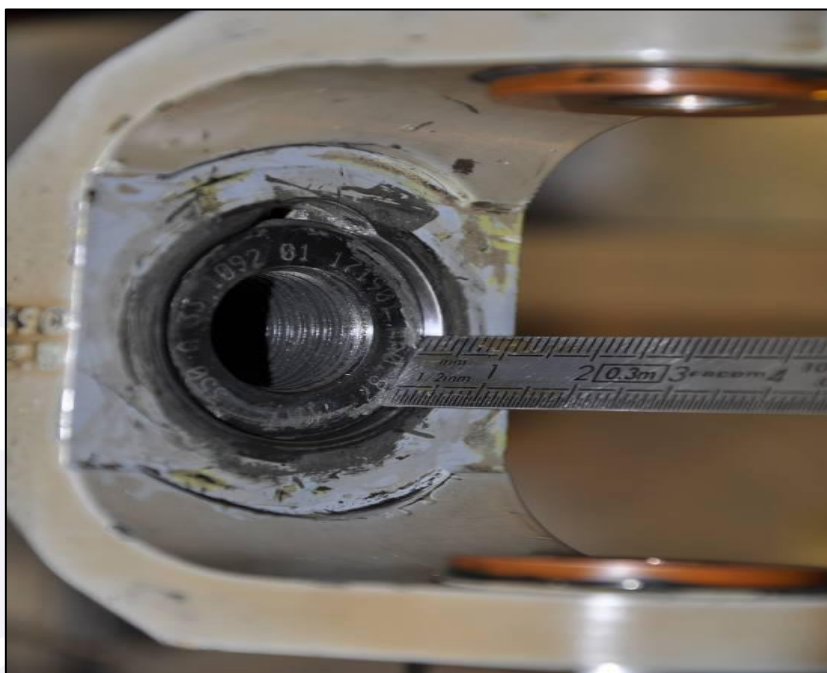


Figura 25 – Espaço de 3 mm entre as extremidades do garfo e do eixo cônico, com o sistema montado corretamente.

Na simulação, observou-se que a modulação fica comprometida, quando feita incorretamente. Em nenhum momento o garfo “abraça” totalmente o eixo cônico e o torque aplicado é assimilado pela chaveta.

Nessa posição (montagem incorreta), observou-se que a porção do eixo cônico inserida no garfo era da ordem de 27mm, sem aplicação de torque, e de 33mm, quando houve a aplicação dos torques previstos no manual de manutenção do helicóptero. A distância entre as extremidades das peças na parte frontal do sistema também foi alterada, correspondendo a 7mm. Vale ressaltar que os valores são consideravelmente diferentes dos encontrados quando da montagem correta do sistema (37 a 38mm; e 3mm).

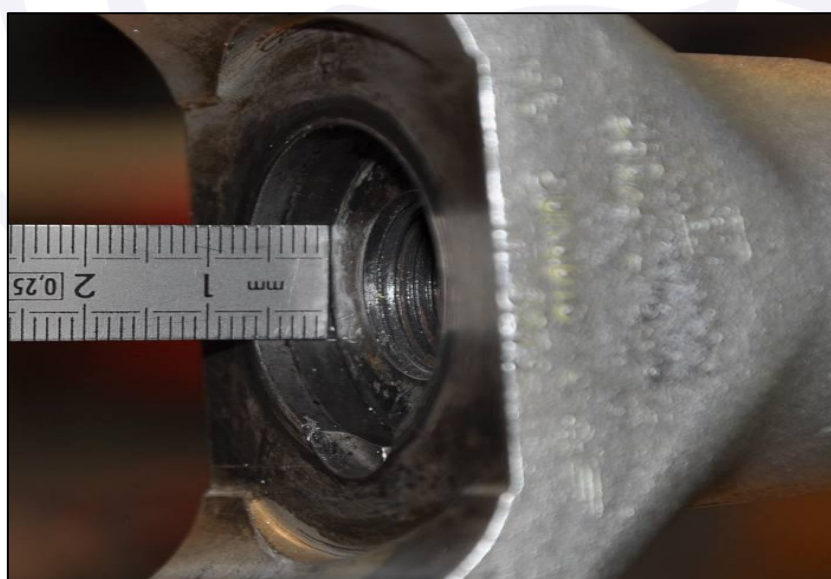


Figura 26 – Espaço de 7 mm entre as extremidades do garfo e do eixo cônico, com o sistema montado erroneamente.

Após esses trabalhos, o investigador encarregado decidiu verificar qual a capacidade de carga que o sistema de rotor de cauda suportaria, caso tivesse sido modulado incorretamente. Para tanto, depois de cumpridas todas as etapas de modulação, foi simulado em bancada o arrasto do rotor de cauda.

Os valores obtidos na tabela abaixo foram registrados a cada 15 graus de giro, aproximadamente, e estão ilustrados na tabela a seguir, em kgf.m.

GIRO	TORQUE	GIRO	TORQUE	GIRO	TORQUE	GIRO	TORQUE
1	40	10	60	19	65	28	10
2	50	11	60	20	75	29	10
3	55	12	55	21	40	30	10
4	58	13	60	22	30	31	10
5	60	14	58	23	40	32	10
6	50	15	60	24	60	33	10
7	50	16	60	25	10	34	10
8	55	17	70	26	12	35	10
9	60	18	70	27	15	36	10

Figura 27 – Tabela de valores obtidos nos testes do rotor de cauda.

Observou-se, durante o teste, que foram necessários 60 kgf.m, em média, para movimentar o garfo. Esse padrão foi modificado após o giro de número 20. Este foi o ponto em que a chaveta encaixou em seu trilho e houve considerável diminuição da força necessária para se movimentar o conjunto. Após o evento 27, a força para se movimentar o garfo tornou-se constante, na ordem de 10 kgf.m.

O torque necessário para retirar o parafuso ao final do teste foi de 2 kgf.m, valor idêntico ao encontrado na aeronave acidentada.

Durante a simulação, observou-se que há uma considerável perda de material da chaveta decorrente do atrito entre as partes. As fotos a seguir ilustram esse desgaste.



Figura 28 - Chaveta instalada antes da aplicação do torque simulando giro.



Figura 29 – Chaveta com perda de material, após aplicação de torque simulando giro.

Marcações de *Loctite* e polímero

A posição do garfo montado corretamente no eixo cônico difere da sua posição quando montado “sobreposto”.

Existiam, no eixo cônico, algumas marcações que coincidiam com os valores obtidos considerando-se a montagem de forma incorreta. A foto 30 ilustra que o polímero teve uma distribuição não homogênea no eixo cônico e se concentrou próximo à chaveta, justamente onde existiria um espaço na montagem “sobreposta”. Observa-se, também que, na região oposta à chaveta, praticamente não há polímero e existem marcas de roçamento de metal com metal.

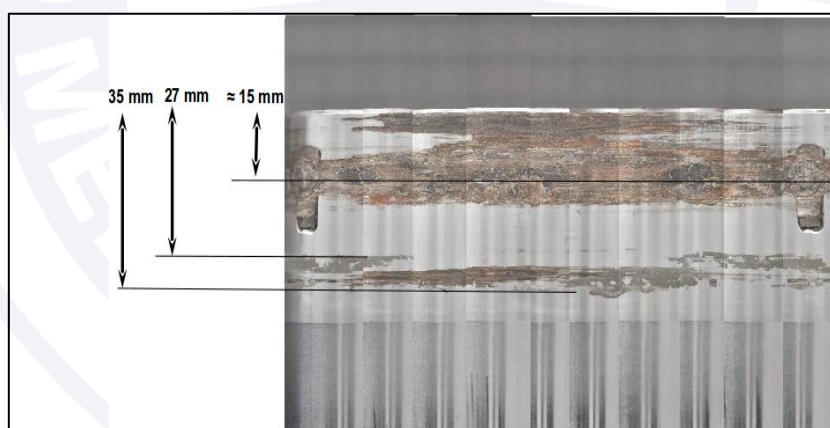
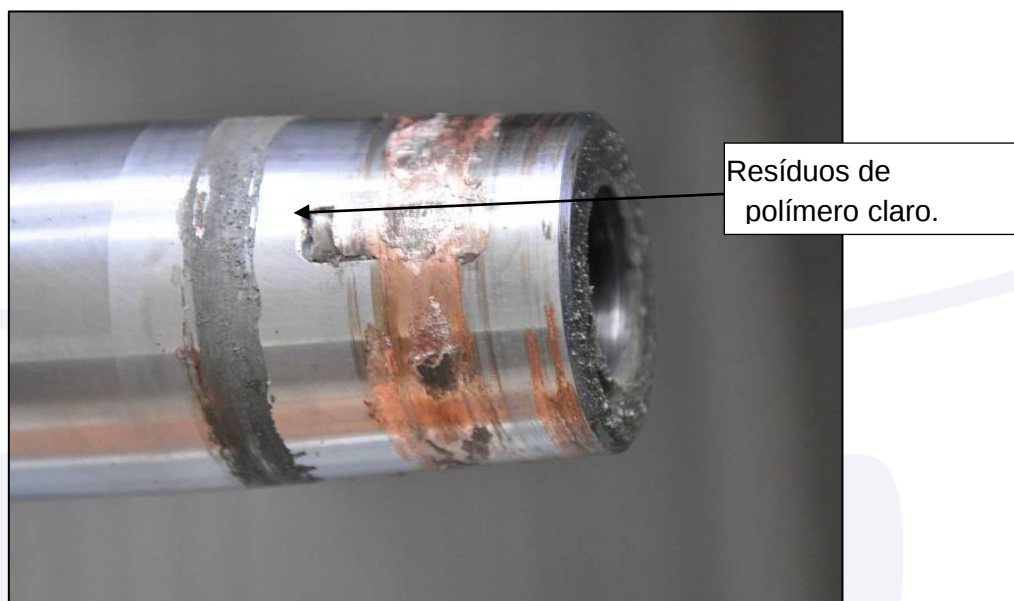


Figura 30 - Eixo cônico planificado.

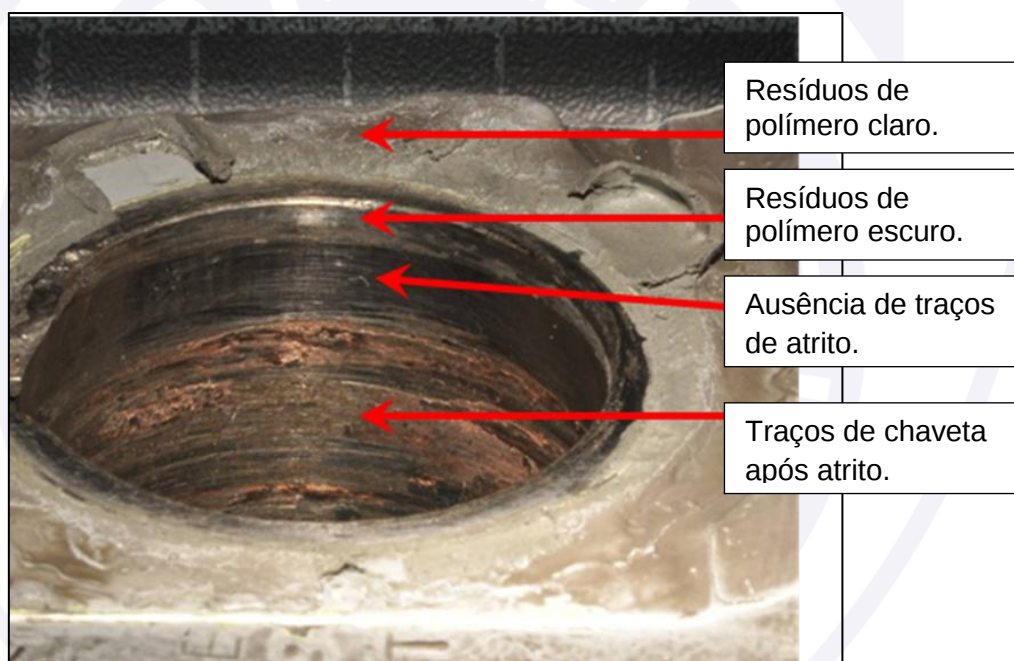
Essas evidências sugerem que houve a montagem errada do garfo, com a chaveta fora do trilho e penetração do polímero no espaço existente entre o garfo e o eixo cônico.



Resíduos de
polímero claro.

Figura 31 - Resíduos de polímero claro no eixo cônico.

O aspecto pulverizado desse polímero sugere que ele não estava seco quando a falha ocorreu.



Resíduos de
polímero claro.

Resíduos de
polímero escuro.

Ausência de traços
de atrito.

Traços de chaveta
após atrito.

Figura 32 - Evidência de dois polímeros diferentes

A presença de resíduos de polímeros diferentes indica que estes foram aplicados em datas diferentes. Os trabalhos em laboratório usando um espectrômetro também sugerem que havia dois polímeros no eixo cônico e no garfo, aplicados em datas distintas.

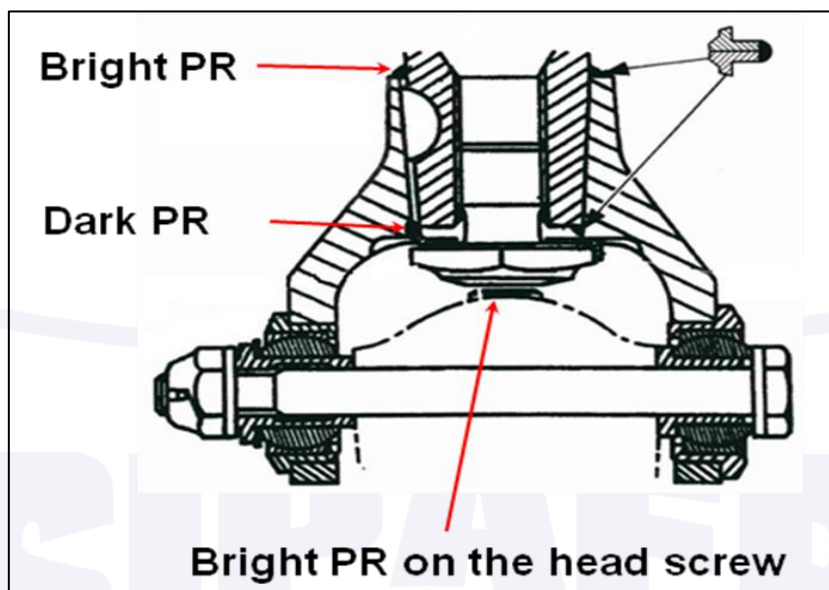


Figura 33 – Representação do local de aplicação do polímero e como foram encontrados.

As figuras acima são evidências de que ocorreram falhas na última montagem e na aplicação de polímero. Com o auxílio da *Eurocopter*, chegou-se às seguintes considerações:

- o polímero escuro é anterior ao polímero claro, mais recente;
- na última montagem, há evidência de que o polímero não foi aplicado em ambos os lados da conexão, entre o garfo e o eixo cônico. Aparentemente este não foi aplicado na parte frontal, que tinha resíduos de polímero escuro; e
- a aparência pulverizada do polímero, encontrado no eixo cônico, sugere que o sistema girou com este ainda não totalmente polimerizado. É importante ressaltar que o acoplamento adequado do eixo cônico com o garfo (montagem correta) não possibilitaria esta pulverização.

Exame do *Loctite* no parafuso de fixação do garfo

O parafuso de fixação do garfo varia a sua capacidade de penetração em função do posicionamento correto ou incorreto do garfo. O *Loctite* colocado para fixar o parafuso durante a instalação do garfo pode servir como evidência de quanto o parafuso efetivamente entrou em seu receptáculo.

Com a participação da *Eurocopter*, chegou-se aos seguintes valores:

- para uma montagem correta do sistema o parafuso adentra uma distância de $19,65 \text{ mm} \pm 1,8 \text{ mm}$; e
- para uma montagem incorreta do sistema o parafuso adentra uma distância de $13,55 \text{ mm} \pm 1,8 \text{ mm}$.
- A diferença de penetração do parafuso para uma instalação correta e uma incorreta é da ordem de 6mm.

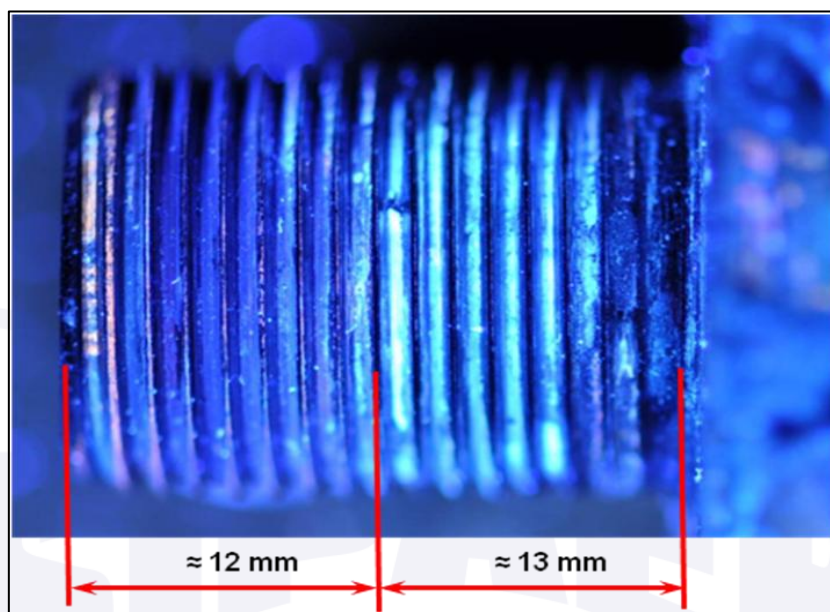


Figura 34 - Parafuso de fixação do garfo no eixo cônico.

O valor de *Loctite* encontrado foi de 12 mm, aproximadamente, evidenciando que esta foi a posição final do parafuso durante a modulação do sistema, correspondente à montagem incorreta.

Balanceamento do rotor de cauda

Para aceitar a hipótese de que a montagem do rotor de cauda tenha ocorrido de forma incorreta, em 21DEZ2009, é preciso verificar se o sistema, assim modulado, aceitaria o balanceamento, conforme registros obtidos junto à empresa de manutenção responsável.

Para tanto, foram analisadas as seguintes condições:

- a posição do garfo quando montado com a chaveta fora do seu trilho;
- a quantidade de pesos encontrados nas pás do rotor de cauda dentro dos limites previstos pelo fabricante; e
- a velocidade e forças dinâmicas ao qual todo o conjunto de rotor de cauda é submetido.

Segundo o fabricante, o espaçamento entre o garfo e o eixo cônico gerado pela montagem incorreta do sistema, corresponde a 6,4mm.kg de desbalanceamento no rotor de cauda. Para corrigir esse desbalanceamento seria necessária a aplicação de:

- 64 g de peso na *blade cord axis* (que aceita no máximo 30g pelo projeto do helicóptero); e
- 6,88 g na *blade span axis* (que aceita no máximo 5,35g).

De acordo com os registros de manutenção, no último balanceamento do sistema foram utilizados 18,6 g nas *blades cord axis* e 2,07g e 0,33g nas *blades span axis*, ou seja, dentro dos limites estabelecidos pelo manual de manutenção.

Funcionamento do rotor de cauda

O rotor de cauda possui a função de contrariar o torque gerado pelo rotor principal e, para cumprir essa atribuição plenamente, é necessário que este sistema seja montado de forma correta. A rotação do rotor de cauda é proveniente da transmissão principal, sendo transmitida para o sistema por meio de eixos interligados mutuamente. Ao piloto cabe alterar, por meio dos pedais, o ângulo de passo das pás do rotor de cauda, aumentando

ou diminuindo a tração fornecida nesse rotor. Dessa forma, é possível controlar o giro da aeronave em torno de seu eixo vertical (controle direcional). A rotação do rotor de cauda, assim como a do rotor principal, é constante durante todo o voo. A exemplo do que ocorre no rotor principal, o rotor de cauda também está sujeito a diversas forças aerodinâmicas. A seguir, serão consideradas algumas possibilidades de montagem do sistema e suas devidas influências na operação da aeronave.

Sem considerar a chaveta, quando o torque de 26 kgf.m é corretamente aplicado ao parafuso de fixação, o sistema é capaz de transmitir $190 + 7$ kW no eixo cônico. Os 7 kW correspondem às forças aerodinâmicas geradas pelo rotor de cauda em funcionamento.

Para um torque no parafuso de 12 a 13 kgf.m, sem a aplicação do pré-torque de 26 kgf.m e sem considerar a chaveta, é possível transmitir $95 + 7$ kW no eixo do rotor de cauda.

Se for considerada a chaveta instalada corretamente (dentro do seu alojamento), é possível transmitir $178 + 7$ kW no eixo cônico.

Sem a aplicação de qualquer valor de torque no parafuso de fixação, considerando apenas a chaveta instalada corretamente, o sistema é capaz de transmitir $83 + 7$ kW ao eixo cônico.

A chaveta é metálica e se rompe por fadiga estática quando recebe um torque aproximado de 90 kW. Por esse motivo, 90 kW é considerado o torque máximo disponível pelo sistema. Entretanto, o rotor de cauda funciona, em média, com 22 kW. Essa força é suportada pela chaveta (sem a necessidade de torque) por cerca de 22.775.000 ciclos (ou cerca de 180 horas de voo), quando a curva de fadiga do material mostra que a ruptura pode ocorrer durante o funcionamento normal do rotor de cauda, ou seja, com 22 kW ou menos. Vale ressaltar que desses 22 kW, 7 kW são fornecidos pela própria rotação do rotor de cauda.

Considerando o tipo de voo que o helicóptero realizava, é necessário realizar outro cálculo. Em filmagens, normalmente são utilizados pairados prolongados ou pequenos deslocamentos laterais. Para este tipo de voo, o fabricante declarou que o torque médio no rotor de cauda é da ordem de 31 kW, podendo chegar a 65 kW em voos com deslocamento lateral. Para estes valores, a falha da chaveta por fadiga, provavelmente, ocorrerá com 12.300.000 ciclos, o que corresponde a, aproximadamente, 100 horas de voo.

Influência na Posição dos pedais

Com a montagem incorreta do garfo, verificou-se que este fica em torno de 4 mm para fora do seu eixo. Como as hastes de acionamento do passo do rotor de cauda são fixas em relação às pás, pode-se inferir que a montagem incorreta tem como consequência um valor de ângulo de passo diferente do previsto no projeto, no sentido do ângulo negativo. Estima-se que, para o ângulo de passo neutro (pedais centrados), os pedais ficariam em torno de 3 cm a 5 cm fora do centro, no sentido do pedal esquerdo.

Em outras palavras, os pilotos teriam que dar menos pedal direito quando em voo pairado e mais pedal esquerdo quando em voo à frente. Entretanto, ao serem questionados, os demais pilotos da aeronave relataram que nenhuma anormalidade neste sentido foi percebida e nem reportada.

Vídeo do acidente

A sequência do acidente foi filmada e amplamente divulgada na mídia. O vídeo mostra que o helicóptero iniciou a espiral descendente a uma razão de uma volta por segundo. Na metade da terceira volta, nota-se uma fumaça saindo da parte inferior do

helicóptero. Durante a quinta volta, uma fumaça branca, mais espessa que a anterior, sai do escapamento do helicóptero.

Válvula *shutoff*

A válvula *shutoff* (manete que corta a alimentação de combustível para o motor) foi encontrada acionada nos destroços. Esta válvula é utilizada em duas condições: teste do sistema (antes de liberar a aeronave para o voo) ou corte do motor em emergência, nas *panes* em que o *check list* assim recomenda.

Antes de liberar a aeronave para o voo, deve ser realizado o teste da válvula *shutoff*. Esse procedimento consiste em, com o helicóptero no solo, em regime de *flight idle*, acionar a válvula de corte e aguardar o desligamento do motor por ausência de alimentação de combustível. Durante esse teste, uma vez acionada a válvula *shutoff*, espera-se que o corte do motor ocorra em cerca de 3 segundos. No momento do corte do motor, é normal sair um pouco de fumaça proveniente do querosene remanescente, vaporizado pelo dreno de combustível da câmara de combustão.

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

Empresa de manutenção

A empresa de manutenção era bem estruturada e possuía um conjunto de documentos que definiam, de forma clara, as atribuições e responsabilidades de seus funcionários. Era certificada para os tipos de serviços executados na aeronave e seus registros de manutenção foram considerados adequados.

O último registro de serviço de manutenção realizado no rotor de cauda do helicóptero acidentado indica que foi realizado por um mecânico, acompanhado por um estagiário e pelo inspetor responsável pelo serviço. Ambos (mecânico e inspetor) estavam com suas habilitações técnicas válidas.

O mecânico afirmou que aplicou o torque no parafuso de fixação do rotor de cauda e que se lembrava de ter realizado o serviço com o manual de manutenção aberto. Além disso, relatou ter cumprido todos os passos previstos para a execução do serviço. Apesar de afirmar ter aplicado o torque no parafuso, o mecânico informou lembrar-se de que, no momento em que realizava esta tarefa, o inspetor que acompanhava o procedimento de aplicação do torque, teve sua atenção dirigida para outro helicóptero.

O inspetor afirmou que, logo após a montagem do sistema, fez uma inspeção visual e não constatou nenhuma irregularidade no procedimento.

Operador

O operador da aeronave utilizava o helicóptero como plataforma para obter imagens que seriam usadas na transmissão de notícias nos telejornais ou em releases ao longo do dia. Para tanto, o helicóptero era usado, em média, três vezes ao dia (nas transmissões jornalísticas da manhã, da tarde e da noite) e ainda ficava à disposição para decolar a qualquer tempo, por solicitação da produção dos jornais.

Três pilotos e três operadores de câmera revezavam-se entre si, no período das 05h30min às 23h00min, para manter o helicóptero guarnecido e pronto para cumprir as missões.

Na sequência hierárquica, acima dos pilotos, havia um Coordenador e, acima deste, havia o Diretor de Logística. Cabia ao primeiro levantar as necessidades e, ao segundo, aprová-las. Ambos tinham conhecimento restrito de aviação e aceitavam, de pronto, todas as solicitações e/ou sugestões dos pilotos.

No que se refere às operações aéreas, o helicóptero era registrado junto a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) como de uso privado (TPP) e operava segundo o Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica 91 (RBHA91).

1.18. Informações operacionais.

Tratava-se de um voo de cobertura televisiva para uma emissora de televisão, na cidade de São Paulo.

Nas proximidades, encontrava-se outra aeronave de mesmo tipo, operada por outra emissora de televisão. Ambos os pilotos estavam acostumados a voar próximos um do outro e havia uma coordenação para que, sem prejuízo das imagens, a segurança de voo e a separação entre as aeronaves fossem mantidos.

Em determinado momento, o piloto da aeronave acidentada informou ao seu colega, na frequência do APP-SP, que estava com problemas no rotor de cauda e que estaria se dirigindo para o *Jockey Club*, sendo seguido pelo seu colega. O desfecho deste evento foi amplamente divulgado em imagens nos canais de comunicação.

As imagens mostram que o piloto conseguiu arremeter da vertical do Morumbi e manter o controle direcional de sua aeronave por pouco mais de 7 minutos. Neste período, o helicóptero voou em linha reta, fez algumas curvas para a esquerda e chegou à vertical do *Jockey Club*.

Repentinamente, o piloto perdeu o controle e o helicóptero guinou à esquerda com muita intensidade, vindo a se chocar violentamente contra o solo.

O AS-350 é manobrável em condições de falha do rotor de cauda. O fabricante afirma que a deriva consegue realizar a função antitorque com velocidade acima de 70 kt, entretanto, em velocidades inferiores a 50 kt, a deriva perde eficiência e a perda de controle é iminente.

Dois tipos de emergência são possíveis de ocorrer em se tratando do rotor de cauda do AS-350: a perda do comando ou a perda do acionamento do rotor de cauda.

No primeiro caso o manual determina, como procedimento a ser adotado, um pouso corrido conforme descrito abaixo:

7.2 Tail Rotor Control Failure

- Set IAS 70 kt (130 km/h), in level flight. R
- Press the hyd. push-button (this cuts off hydraulic power to the yaw servo-control and depressurizes the load-compensating servo accumulator). After 5 seconds, reset the test button to the normal position. R
- Make a shallow approach to a clear landing area with a slight side slip to the left. Perform a run-on landing ; the side slip will be reduced progressively as power is applied.

Figura 35 – Procedimento para “falha de comando do rotor de cauda”.

No segundo, o manual determina uma autorrotação. O procedimento recomendado é o de se “cortar o motor e realizar o pouso em autorrotação”, conforme descrito a seguir:

7.1.2 Failure in Forward Flight

- In forward flight reduce the power as much as possible and maintain forward speed (weathercock effect), select a suitable landing area for a steep approach at a power enabling a reasonably coordinated flight.
- On final approach, shut down the engine and make an autorotative landing at the lowest possible speed.

Figura 36 – Procedimento para “perda de acionamento do rotor de cauda”.

Observou-se que o piloto concluiu, com aproveitamento, o curso completo de emergência no AS-350, em centro de treinamento especializado, em março de 2006. As fichas de voo e as conversas com o instrutor de voo responsável pelo treinamento evidenciaram que o piloto, naquela ocasião, treinou autorrotação, pouso corrido e pouso sem pedais, tendo um aproveitamento satisfatório em todas as manobras.

Nos dias 20 e 21 de junho de 2008, no mesmo centro de treinamento, o piloto realizou voos de avaliação de desempenho. Segundo relatos do responsável por essa avaliação, foram lembrados os principais procedimentos de emergência na aeronave. Nas fichas desses voos há o registro da realização de autorrotação e pouso sem pedais e o seu desempenho foi considerado satisfatório, sendo, inclusive, aprovado na avaliação da ANAC.

Não foi apresentado ao investigador encarregado qualquer outro registro que comprovasse a realização de treinamentos de emergência no AS-350 após essa última avaliação.

No que diz respeito à manutenção, todos os registros primários de manutenção foram realizados por uma mesma empresa, certificada para o tipo de aeronave. Não havia nenhum registro de mau funcionamento, vibração ou manutenção no rotor de cauda do PT-YRE.

Foi observado que a empresa responsável pela manutenção recebia o helicóptero com uma série de inspeções intermediárias vencidas e se restringia a cumprir as inspeções pertinentes. Pouco, ou nada, se fazia para que estes erros deixassem de ocorrer no futuro.

O operador não possuía apoio de mecânicos de voo. Nesse sentido, não havia registro da realização das inspeções pré-voo, intervoo e pós-voo no dia a dia da operação. A ausência de mecânicos também tinha influência nas inspeções intermediárias. Essas verificações, que poderiam ser realizadas por um mecânico capacitado, venciam frequentemente e só eram realizadas durante as inspeções de 100 horas.

O planejamento das operações aéreas, o registro de horas de voo, o controle das manutenções e de outras atividades importantes para a operação segura da aeronave eram conduzidos pelos próprios pilotos, sem qualquer interferência da direção, que se mostrou despreparada tecnicamente para gerenciar um helicóptero.

Não foi apresentado qualquer manual ou procedimento que operacionalizasse e/ou limitasse a conduta dos pilotos. A segurança operacional recaía exclusivamente sobre os pilotos e suas decisões eram sempre acatadas por seus superiores como se representassem o melhor no que diz respeito à segurança de voo. Foi observado que o operador voava, à época do acidente, em torno de 100 horas por mês com a aeronave que se acidentou.

No dia que antecedeu o acidente, após o pouso do helicóptero, o piloto reportou a um amigo, também piloto da mesma aeronave, que sentiu um comportamento estranho no sentido de guinada, pouco antes do pouso.

O assunto foi tratado de maneira informal por ambos e não foi comunicado a um mecânico para que uma inspeção preventiva fosse realizada no rotor de cauda.

Os voos não eram registrados conforme previsto pela IAC 3151. O último lançamento em diário de bordo datava de 04FEV2010. Aparentemente, as panes, da mesma forma, não eram lançadas com a devida frequência, uma vez que não havia registro de panes no diário de bordo.

As escalas de voo e de operadores de câmera eram feitas de maneira informal, sem registro ou controle, e as trocas eram realizadas entre os pilotos, sem que houvesse necessidade da comunicação ao coordenador ou ao responsável pela operação dos helicópteros.

O Diretor de Logística da empresa era o responsável final pela operação aérea e pelo helicóptero. Estas operações representavam apenas uma parte de suas atribuições. Em entrevista, ficou claro que seus conhecimentos a respeito da aviação eram restritos e que aceitava prontamente, e sem questionamentos, as solicitações e/ou sugestões apresentadas pelos pilotos.

1.19. Informações adicionais.

Operador e empresa de manutenção

O operador da aeronave afirmou que todas as manutenções de seu helicóptero eram realizadas na mesma empresa de manutenção.

Foi estabelecido um contato com um dos pilotos do PT-YRE, o qual estava acostumado a voar a aeronave acidentada. Este declarou desconhecer a realização de alguma manutenção no rotor de cauda, dias antes do acidente, e se havia sido realizado o balanceamento dinâmico (*Vibrex*) no referido sistema e, mais uma vez, reportou que a única empresa a realizar a manutenção nas aeronaves do operador era a mesma dos registros nas cadernetas.

Local de pouso

A colisão contra o solo ocorreu na pista de grama do *Jockey Club* de São Paulo.

Tratava-se de área adequada para o pouso corrido: plana, sem buracos ou obstáculos, medindo 1070 metros de comprimento.



Figura 37 - Área de pouso.

Na foto, em amarelo, está a área escolhida para o pouso. A estrela branca representa o local do impacto contra o solo. A seta vermelha representa a direção do vento, com a velocidade estimada entre 4 e 8kt.

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

Piloto

Tratava-se de pessoa muito bem quista no meio de trabalho e considerada experiente por seus pares e superiores. Estava com seus certificados e habilitações válidos e possuía experiência no tipo de voo.

De acordo com as informações levantadas no aspecto médico, item 1.13.1, o tempo de repouso do piloto foi inferior ao regulamentado na legislação vigente. Portanto, nessas condições, o piloto não deveria ter assumido o voo no dia do acidente.

O fator humano, aspecto fisiológico, apontou o consumo de uma medicação para o sistema digestivo, que, segundo os médicos, pode levar à sonolência e diminuição dos reflexos.

Treinamento do piloto

A falha do acionamento do rotor de cauda não é uma pane comum e o seu treinamento é simulado, pois não é possível o desacoplamento da árvore de acionamento e/ou a parada total das pás do rotor de cauda em voo.

O último registro de treinamento do piloto ocorreu cerca de um ano e oito meses antes do acidente. Anterior a essa data, havia o registro de treinamento similar no ano de 2006. Esse espaçamento entre os treinamentos, considerando as particularidades desta pane, podem ter degradado a habilidade em lidar com a pane.

A pane

Foram analisadas duas possibilidades de pane do rotor de cauda no AS 350. A primeira ocorre quando há falha de comando do rotor de cauda, mas o sistema mantém seu giro normal. Nessa situação o rotor de cauda, apesar de não poder mais ter o ângulo

de passo comandado pelo piloto, continua fornecendo tração e, por isso, permanece tendo importante papel no controle direcional da aeronave, auxiliando a deriva na tarefa de manter o helicóptero alinhado.

A segunda possibilidade de pane no rotor de cauda do AS 350 diz respeito à perda do acionamento do sistema. Nessa situação, as pás do rotor de cauda param de girar e o sistema perde totalmente a capacidade de se contrapor ao torque gerado pelo rotor principal. O piloto precisa manter uma velocidade mínima adequada para que a deriva tenha condições de gerar as forças aerodinâmicas necessárias para desempenhar a função antitorque, antes realizada pelo rotor de cauda. Ademais, no momento do pouso, o procedimento recomendado é o de se “cortar o motor e realizar o pouso em autorrotação”.

Todos os exames e testes realizados indicaram que houve duas falhas no sistema do rotor de cauda: a ruptura do eixo de acionamento e a rotação relativa entre o eixo cônico e o garfo de suporte das pás.

A ruptura do eixo de acionamento do rotor de cauda ocorreu por sobrecarga devido, provavelmente, a um travamento. Exames nas partes anteriores ao eixo descartaram problemas que pudessem ocasionar o travamento, portanto, pode-se inferir que a ruptura do eixo de acionamento ocorreu após a falha no acoplamento do garfo de suporte das pás com o eixo cônico.

A respeito da rotação relativa entre o eixo cônico e o garfo, podem-se considerar duas hipóteses: a primeira é a de que fora aplicado um torque abaixo do adequado no parafuso de fixação do sistema, o que pode ter permitido a saída da chaveta de seu alojamento e a consequente rotação relativa entre o garfo e o eixo cônico; a segunda é a de que a montagem tenha sido realizada de forma errada e que a chaveta do eixo cônico tenha ficado fora de seu alojamento (trilho), permitindo o giro relativo entre as duas peças.

Do aspecto operacional

O helicóptero estava com velocidade muito próxima ao pairado e sua câmera estava focada em um caminhão parado no meio da rua. Repentinamente houve uma breve variação de proa à direita e posterior guinada do helicóptero para a esquerda. Neste momento o piloto arremeteu, aumentou a sua velocidade e manteve o controle da aeronave até instantes antes do acidente.

Considerou-se, como muito provável, que a falha no acoplamento do garfo de suporte das pás com o eixo cônico já estivesse ocorrendo nesse momento. No instante em que acontece a guinada adversa, durante o voo pairado, é provável que tenha havido o rompimento da árvore de acionamento do rotor de cauda, na conexão do eixo longo com o eixo curto. Sinais de atrito e calor observados nos eixos sugerem que, de alguma maneira, ambos os eixos continuaram concêntricos por algum tempo.

Dessa forma, alguma rotação continuou a ser transmitida para o rotor de cauda e o controle direcional, ainda que residual, pôde ser mantido. Isso explica a possibilidade de arremetida por parte do piloto. Ademais, analisando as transcrições das comunicações, o piloto diz: “eu não consigo dar pedal esquerdo que ele vibra muito”. Esta é uma evidência de que, até instantes antes do acidente, os eixos longo e curto ainda estavam concêntricos e havia alguma efetividade do rotor de cauda.

Um piloto de provas da *Eurocopter* foi consultado para falar sobre a perda total do rotor de cauda e afirmou que, nessa condição, velocidades inferiores a 50kt são extremamente perigosas e podem levar à perda de controle do helicóptero, em razão da ineficiência da deriva em contrapor as forças decorrentes do torque do rotor principal.

As imagens do acidente mostram que, na vertical do *Jockey Club* a velocidade do helicóptero acidentado diminui consideravelmente, contrariando o que é recomendado no *checklist* para panes relacionadas ao rotor de cauda.

Com a velocidade notavelmente baixa, a aeronave perde o controle direcional e descreve uma espiral descendente até o solo. Pode-se supor que a desconexão total dos eixos curto e longo tenha ocorrido nesse momento, o que resultou na guinada à esquerda e consequente perda de controle do helicóptero. O helicóptero desce praticamente na vertical, sem velocidade horizontal e com grande razão de afundamento.

A descida na vertical pode ter sido consequência da redução do passo coletivo, reação esta esperada para pilotos que possuam treinamento de autorrotação e recuperação de panes no rotor de cauda.

A válvula *shutoff* foi encontrada acionada nos destroços. O vídeo do acidente mostra que o helicóptero inicia a espiral descendente a uma razão de uma volta por segundo. Na metade da terceira volta, nota-se uma fumaça saindo da parte inferior do helicóptero. Durante a quinta volta, sai uma fumaça branca do escapamento do helicóptero, mais espessa que a anterior.

Após a análise das imagens, podem-se considerar algumas possibilidades:

- a) após perder o controle direcional, é bastante provável que o piloto tenha comandado o coletivo para baixo, na tentativa de diminuir o efeito do torque e recuperar a estabilidade direcional. Essa afirmação é condizente com a perda de altura observada após o início dos giros de cauda;
- b) a aeronave inicia uma sequência de giros a razão de uma volta por segundo;
- c) caso a ação de baixar o comando coletivo não tenha gerado o efeito esperado, é deveras provável que o piloto corte o motor em emergência, como última alternativa para anular o torque e diminuir a razão do giro em torno do eixo vertical. Esses argumentos são corroborados pela posição (acionada) em que a válvula *shutoff* foi encontrada nos destroços;
- d) o procedimento de corte pela válvula *shutoff* leva cerca de 3 segundos para ocorrer (que corresponde a 3 voltas nesse caso);
- e) ao cortar o motor, é normal observar um pouco de fumaça saindo de baixo do helicóptero; e
- f) considerando-se as afirmações anteriores, todas essas evidências levam a crer que o piloto acionou a válvula *shutoff* após perder o controle direcional e que o corte do motor ocorreu, efetivamente, no meio da terceira volta da espiral descendente.

Sobre a fumaça mais espessa, observada durante a quinta volta da espiral descendente, pode-se realizar as seguintes considerações:

- a) técnicos da Helibrás e da *Eurocopter* sugerem que essa fumaça mais espessa seja proveniente da queima de óleo do motor em contato com as suas partes quentes, em função das forças aerodinâmicas presentes e do próprio corte do motor;
- b) a fumaça que sai do motor passa pelo rotor principal. Isso é uma forte evidência de que o comando coletivo estava em baixo, nesse momento, e de que o sentido do fluxo de ar através do rotor principal era de baixo para cima; e
- c) pouco antes do impacto, o giro do helicóptero começa a diminuir na ordem aproximada de 50% por volta. Isto corresponde ao esperado após o corte do motor, em virtude da diminuição do torque gerado por este.

Diante do exposto, é coerente afirmar que, ao perder o controle, o piloto baixou o comando coletivo e, em seguida, cortou o motor na tentativa de cessar o giro da

aeronave. É possível inferir, também, que a posição da válvula *shutoff* condiz com a ação do piloto em cortar o motor em emergência durante a espiral descendente.

Do helicóptero

Os registros primários nas cadernetas da aeronave são todos da mesma empresa e o último lançamento de manutenção no rotor de cauda, que exigiu a desmontagem e posterior montagem do conjunto eixo cônico/garfo, ocorreu durante a inspeção de 100 horas, em dezembro de 2009, 185 horas de voo antes do acidente.

Entre os dias 18JAN2010 e 21JAN2010 foi realizada outra inspeção de 100 horas, na mesma empresa de manutenção, estando a aeronave com 7.942 horas e 10 minutos. Observou-se que as manutenções intermediárias, de 7 dias, 10 horas, 25 horas, 30 horas e 50 horas, não vinham sendo cumpridas pelo operador da aeronave. Da mesma forma, o helicóptero voou 9 horas com a inspeção de 100 horas vencida.

Na inspeção de 100 horas não foi realizada a desmontagem do rotor de cauda. O balanceamento das pás do rotor de cauda só seria feito se fosse solicitado pelo operador. Como este serviço não foi realizado entende-se que o sistema estava operando normalmente. Foi executado somente o balanceamento do eixo de acionamento do rotor de cauda e nenhuma dificuldade foi reportada.

Estima-se que, no dia do acidente, o helicóptero estava com 8.018 horas e 55 minutos de voo, ou seja, 73 horas e 25 minutos após a inspeção anterior. Nessa data, as inspeções intermediárias estavam todas vencidas.

Não há registro da realização de inspeções diárias previstas como pré-voo, inter-voo e pós-voo. Tampouco há registro da realização da lavagem do compressor após os voos, intervenção obrigatória pelo manual de manutenção.

Apesar desses erros na manutenção da aeronavegabilidade da aeronave, não foi encontrada uma relação direta entre a ausência de uma inspeção e a falha do eixo de acionamento do rotor de cauda.

Hangaragem da aeronave

A hangaragem do helicóptero era feita em hangar particular, no Campo de Marte. Logo após a ocorrência, o investigador encarregado entrou em contato com o administrador do hangar e solicitou as imagens da chegada do PT-YRE no dia anterior ao acidente, 09FEV2010, e da saída da aeronave na manhã do dia 10FEV2010. Essa solicitação foi realizada de forma verbal logo após o acidente e formalizada, via ofício, no dia 18MAR2010.

As imagens do dia 10FEV2010 mostram pequenos trechos que impossibilitaram uma análise mais profunda. Da mesma forma, não foi possível verificar a amplitude da guinada ocorrida no pouso do helicóptero na noite do dia 09FEV2010, tampouco os procedimentos pós-pouso e de hangaragem.

Nesses trechos, pôde-se verificar que o helicóptero foi colocado para fora do hangar às 6h04min e a decolagem ocorreu às 6h33min. Durante esse período, não houve evidência da realização de pré-voo ou de inspeção externa, tampouco de uma verificação no rotor de cauda a qual seria esperada em função da dificuldade encontrada no pouso do dia anterior.

Segundo o relato de um dos responsáveis pela retirada do helicóptero do hangar, o piloto dirigiu-se direto para o seu posto e acionou o motor do helicóptero.

Da empresa responsável pela manutenção da aeronave

A empresa de manutenção que realizou a última montagem do rotor de cauda, registrada na caderneta da aeronave, possuía uma estrutura empresarial bem definida, onde cada membro conhecia suas obrigações e responsabilidades.

Todos os procedimentos eram documentados e, aparentemente, seguiam o previsto no Manual de Manutenção do helicóptero. O pessoal envolvido na manutenção era habilitado e tinha os treinamentos necessários para executar os serviços de manutenção.

Foram apresentados registros e controles condizentes com o esperado para uma empresa de manutenção, bem como foi observado, em visita às instalações, práticas condizentes com os preceitos da segurança de voo.

O treinamento dos funcionários era controlado e os cursos eram oferecidos conforme a necessidade da empresa e o interesse individual. Aparentemente, os funcionários estavam satisfeitos com o serviço e não demonstravam ter interesse em mudar de emprego.

Apesar dos aspectos positivos relatados acima, é fato que, por ser uma empresa e estar inserida dentro de um sistema maior, recebia pressões comerciais e operacionais. Nesse sentido, foi observada certa leniência com o operador, quando o helicóptero dava entrada com algumas inspeções vencidas e nada era feito para comunicar ao operador essa irregularidade.

Outro fato observado diz respeito ao inspetor e à realização de seu trabalho. O profissional relatou sentir-se estressado e pressionado pelo tempo imposto para finalizar as manutenções. Considerava que ser inspetor de aeronaves distintas, simultaneamente, gerava uma carga de trabalho elevada que nem sempre, em sua opinião, era possível de ser administrada. Reportou, ainda, que estava acompanhando o serviço de montagem do rotor de cauda, mas a sua atenção foi desviada para outro serviço e, em função disso, não estava presente na hora da montagem do garfo e aplicação do torque no parafuso de fixação. Esse período sem a sua supervisão pode ser relacionado a uma fragilização dos procedimentos e ter contribuído para o acidente.

Observou-se que a montagem do garfo não pode ser executada por uma pessoa apenas. Foi constatado que, ajudando o mecânico, estava um estagiário. Pelo reportado nas entrevistas realizadas, o serviço foi totalmente conduzido pelo mecânico. O estagiário demonstrou conhecimento a respeito dos detalhes do encaixe da chaveta no alojamento do garfo e da aplicação dos torques no parafuso de fixação do garfo, sugerindo que estas ações foram executadas durante a montagem do rotor de cauda.

Do operador

A utilização do helicóptero visava à gravação de imagens com qualidade e rapidez para, em tempo oportuno, levá-las ao ar sob a forma de jornalismo ou informação. Para tanto, o emprego do helicóptero exigia rapidez, precisão, voo em espaço aéreo restrito, sob grande concentração de pessoas ou edificações, a baixa velocidade ou mesmo em voo pairado.

A utilização do helicóptero ficava sob inteira responsabilidade dos pilotos. À direção cabia, quase que exclusivamente, apoiar as decisões dos comandantes e proporcionar os meios financeiros e logísticos necessários para a operação da aeronave. O Diretor responsável pela atividade aérea também cuidava das viaturas terrestres e outros meios. Seu cargo era definido como Diretor de Logística.

Entre esse diretor e os pilotos existia, ainda, um coordenador. Não foi possível verificar suas atribuições e atividades em função de não haver qualquer documento escrito que as definissem.

Os pilotos, por sua vez, se reportavam ao coordenador, mas poderiam fazê-lo, da mesma forma, ao Diretor. Ambos, Coordenador e Diretor, possuíam conhecimento restrito da atividade aérea e aceitavam as considerações dos pilotos como sendo corretas. Para os dois, segurança de voo era sinônimo de acreditar nos seus pilotos e realizar o que eles solicitavam, seja em termos operacionais, seja em termos de manutenção do helicóptero.

Todo o fluxo de informações referentes à atividade aérea ocorria de forma não sistematizada. Não havia procedimentos escritos visando a legitimar as decisões da chefia e dos pilotos. A comunicação entre os componentes do sistema era informal e não registrada.

O ambiente de trabalho era caracterizado por relações informais e, aparentemente, definido como sendo agradável. Todos os envolvidos com a atividade aérea estavam muito satisfeitos com o trabalho, consideravam que a empresa era parte de suas famílias e nenhum esboçou interesse em mudar de empresa.

O operador da aeronave afirmou que todas as manutenções de seu helicóptero eram feitas na mesma empresa. Declarou que ninguém mais mexia em suas aeronaves.

Foi realizado contato com um dos pilotos do operador, que estava acostumado a voar a aeronave acidentada. Na oportunidade foi questionado se ele tinha conhecimento da realização de alguma manutenção no rotor de cauda dias antes do acidente e se havia sido realizado o *Vibrex* no rotor de cauda. A resposta foi negativa.

Supervisão na operação do helicóptero

Em vários momentos, durante a investigação desse acidente, ficou evidente que a supervisão, por parte do operador, era inadequada. Exemplo disso foi o tratamento dado ao relato do piloto no dia que antecedeu ao acidente. O piloto reportou que sentiu um comportamento estranho, no sentido de guinada, instantes antes do pouso. O assunto foi tratado de modo informal por ambos e não foi comunicado a um mecânico ou à direção da empresa para que uma inspeção preventiva do rotor de cauda fosse realizada. O fato é que não havia um mecânico que pudesse receber esta informação e tratá-la de forma adequada.

Não há registros que confirmem o relato da pane sentida pelo piloto e não há registros que forneçam evidências de que medidas preventivas foram adotadas. As imagens do sistema de vigilância do hangar não registraram qualquer inspeção, nem mesmo pré-voo e inspeção externa, realizada pelo piloto ou mecânico no helicóptero, após o pouso do dia anterior e antes da decolagem no dia seguinte.

Os registros dos voos também eram feitos de forma incorreta. O último lançamento em diário de bordo datava de 04FEV2010. Aparentemente as panes, da mesma forma, não eram lançadas conforme previsto.

Outra evidência de que a supervisão não era adequada é o tratamento dado às inspeções intermediárias da aeronave (7 dias, 10 horas, 25 horas, 30 horas e 50 horas). Na realidade, essas inspeções eram realizadas a cada 100 horas, quando o helicóptero parava para fazer a inspeção periódica. No dia do acidente, o helicóptero estava com essas inspeções intermediárias vencidas.

Foi constatado, ainda, que, apesar de o manual de manutenção prever que há a necessidade de se lavar o compressor do motor com certa frequência, esta não vinha sendo realizada pelo operador.

O helicóptero era operado sob inteira responsabilidade dos pilotos. Além de não haver mecânico acompanhando a operação, o pessoal de apoio era composto de pessoas sem o conhecimento de mecânica e sem ligação com o operador. Suas funções eram colocar o helicóptero no hangar após o voo e retirá-lo antes do voo.

O Coordenador de voo e o Diretor responsável pela operação da aeronave demonstraram que tinham interesse em operar o helicóptero dentro de requisitos elevados de segurança. Entretanto, a pouca experiência que eles demonstraram ter com relação à atividade aérea dificultava a supervisão dos pilotos e da operação.

Não havia manuais com procedimentos operacionais; as escalas de voo eram informais; as trocas de serviço aconteciam entre os pilotos, sem o conhecimento dos supervisores; o acionamento dos voos era feito de maneira informal, por telefone, e a segurança das operações era responsabilidade exclusiva dos pilotos.

Aspecto psicológico, cultura organizacional e treinamento

Quanto ao aspecto psicológico, o piloto foi descrito por todos os entrevistados como sendo conhecedor da aviação e capaz de ter um bom desempenho em situações de emergência. Características individuais positivas que, no entanto, não foram suficientes para evitar o acidente.

Condições inseguras alinharam-se numa cadeia de atos e omissões no dia a dia da operação do helicóptero, sem que os envolvidos se dessem conta do perigo. A informalidade, presente na cultura organizacional da operadora, criou um terreno instável para a construção de uma estrutura de trabalho que detectasse e fosse capaz de mitigar possíveis ameaças.

Os dados levantados demonstram que a estrutura carecia de um líder conhecedor de aviação e de um sistema de apoio (*Standard Operating Procedures* - SOP, manuais, entre outros) que documentasse os procedimentos da empresa, amparando as ações e decisões de todos os elos e definindo, formalmente, a responsabilidade de cada elemento para com a atividade aérea.

A informalidade com que se confeccionava a escala de voo, que era sujeita a trocas sem o conhecimento ou o gerenciamento de um responsável, desencadeou o não cumprimento da Lei do Aeronauta, no que tange ao piloto do PT-YRE, já que o descanso previsto de 12 horas entre as jornadas de trabalho não foi obedecido.

Os treinamentos dos pilotos não obedeciam a uma periodicidade adequada e ocorriam sem planejamento e sem gerenciamento. É possível que essa pouca frequência de treinamento tenha degradado o desempenho do piloto no contexto operacional da emergência.

A cultura de informalidade da organização faz-se presente também na manutenção, na qual foi constatada a ausência de registro em caderneta de manutenção, não observância dos prazos para realizar as inspeções e não averiguação, por um mecânico habilitado, do comportamento anormal da aeronave um dia antes do acidente.

A empresa de manutenção que realizou a última inspeção registrada possuía uma estrutura empresarial bem definida, onde cada membro conhecia suas obrigações e responsabilidades. Todos os procedimentos eram documentados e obedeciam a uma padronização que visava buscar uma melhoria contínua nos processos e resultados, bem como na capacitação de seu pessoal.

A sistemática de trabalho, no que diz respeito ao inspetor, porém, mostrou-se falha. O profissional sentia-se estressado e pressionado pelo tempo, pois tinha que acompanhar, simultaneamente, ações de manutenção distintas. Essa necessidade gerou um lapso de tempo sem a sua supervisão na manutenção da aeronave acidentada, justamente quando o mecânico aplicava o torque no parafuso de fixação do sistema do rotor de cauda.

Do eixo de acionamento do rotor de cauda

O eixo foi encontrado rompido na altura da conexão entre os eixos longo e curto. É possível afirmar que esta falha ocorreu em duas fases distintas. Na primeira houve a ruptura e o eixo longo continuou concêntrico ao eixo curto. Alguma rotação continuou a ser transmitida para o rotor de cauda. Os sinais de atrito e calor observados são evidências que este fenômeno ocorreu por algum tempo.

A sobrecarga encontrada na fratura da conexão dos eixos tem o mesmo sentido da rotação do eixo de acionamento do rotor de cauda. Dessa forma, pode ter sido causada por uma aceleração repentina ou por uma parada brusca.

Do rotor de cauda

A caixa de 90° foi aberta e tinha as suas características preservadas.

As partes anteriores ao eixo de acionamento do rotor de cauda não apresentaram evidências que pudessem ocasionar o travamento do sistema. Da mesma forma, não havia, nas pás do rotor de cauda, sinais que sugerissem um impacto contra obstáculo que pudesse levar a uma parada brusca.

Diante do exposto, concluiu-se que o garfo de sustentação das pás girou em relação ao eixo cônico. As velocidades de rotação do eixo e do rotor de cauda foram diferentes. Durante o voo pairado, enquanto se filmava o caminhão, houve a reconexão do garfo com o eixo cônico. O torque gerado por esta reconexão levou à falha da árvore de acionamento do rotor de cauda, ocasionando a ruptura na altura da conexão do eixo longo com o eixo curto. Os eixos permaneceram concêntricos e foi possível manter o controle, ainda que residual, do rotor de cauda. O piloto arremeteu e seguiu para o *Jockey Club*. Na vertical do local pretendido para o pouso, os eixos se separaram totalmente e o piloto perdeu o controle do rotor de cauda.

Do eixo cônico

O eixo cônico foi analisado no DCTA e na *Eurocopter*. Os dados obtidos mostram que houve um “giro em falso” entre esta peça e o garfo de sustentação das pás, possivelmente, devido à montagem incorreta.

Da chaveta

A chaveta é fixada no eixo cônico em um receptáculo aplicando-se uma cola especial, dita pelo fabricante como estrutural.

Durante a realização da simulação de montagem incorreta, constatou-se que há uma considerável perda de material da chaveta decorrente do atrito desta com a parte interna do garfo.

Outro fato importante é que, no caso de parada brusca do rotor de cauda em função do impacto contra o solo, a chaveta se rompe, mas o garfo não chega a dar uma volta completa em torno do eixo cônico. O que se viu no PT-YRE foi diferente. O garfo girou livremente em relação ao eixo cônico.

Do garfo

Pode-se afirmar que o garfo de suporte das pás girou em relação ao eixo cônico. Em função da velocidade à qual o sistema é submetido e a concepção do projeto, entende-se que, em determinado momento, houve a reconexão instantânea do garfo com o eixo cônico. A diferença de velocidade entre o rotor de cauda e o seu eixo de acionamento gerou um torque que levou ao rompimento do eixo de acionamento do rotor de cauda, na altura da conexão entre os eixos longo e curto.

As marcas observadas no eixo cônico e no garfo sugerem que não havia torque no parafuso de fixação e que o garfo entrou apenas 33 mm no eixo cônico.

Foram realizadas duas simulações de montagem incorreta (chaveta fora do alojamento) e os resultados obtidos foram bastante similares. Observou-se que o garfo entrou 31 mm quando o torque foi aplicado e, após o giro completo do garfo e a entrada da chaveta em seu trilho, o garfo avançou mais 1mm.

Do parafuso

O parafuso de fixação do garfo varia a sua capacidade de penetração em função do posicionamento correto ou incorreto do garfo.

Durante o exame das marcas de *Loctite* no parafuso, constatou-se que este adentrou cerca de 12 mm dentro do seu receptáculo, ao invés dos 19,65 mm + 1,8 mm esperados para uma montagem correta do sistema.

Os valores encontrados são condizentes com uma modulação incorreta do conjunto eixo cônico – garfo.

Dos testes e pesquisas

Uma série de pesquisas foi realizada na tentativa de se entender o que realmente ocorreu com a aeronave, bem como especial atenção à cronologia dos eventos foi dada para que fosse definida, com clareza, a participação de cada aspecto neste acidente.

Motor e roda livre

As análises realizadas na Turbomeca concluíram que não houve falha ou indício de falha do motor e da roda livre. O estado interno do motor sugeriu que este havia sido cortado pelo piloto e estava desacelerando no momento do impacto contra o solo. A caixa de 90° foi aberta e tinha as suas características preservadas, portanto, não houve contribuição desse sistema para o acidente.

Válvula *shutoff*

Foi acionada pelo piloto. Esta afirmação é possível por que:

- a) estava acionada (posição fechada) nos destroços do acidente;
- b) não foi possível movimentá-la em função da deformação da estrutura do helicóptero;
- c) o motor estava cortado quando o helicóptero atingiu o solo; e
- d) nas imagens da queda do helicóptero, observou-se uma fumaça branca entre o terceiro e o quarto giros, seguido da redução da velocidade da guinada da aeronave. A fumaça pode ser relacionada com o corte do motor e a redução do giro com a diminuição do torque gerado por este.

Simulações realizadas na Helibrás

Foram realizadas para verificar se é possível montar o garfo sem observar a correta posição da chaveta em relação ao seu engate. Foram simuladas 3 tipos de montagem:

- a) chaveta na posição correta;
- b) chaveta na posição incorreta (“sobreposta”) sem aplicação de torque no parafuso;
e
- c) chaveta na posição incorreta (“sobreposta”) com aplicação de torque no parafuso.

Observou-se que é impossível considerar a hipótese de o sistema ter sido montado como na simulação nº 2, com a chaveta “sobreposta” e sem a aplicação do torque. Nessas condições, o garfo fica totalmente fora de sua posição, não adere ao eixo cônico,

o sistema fica instável e o pedal esquerdo do helicóptero fica de 3 a 4 cm à frente da posição central para que as pás do rotor de cauda fiquem na posição relativa ao ângulo de passo neutro.

Constatou-se que, apesar da aparência grosseira, é possível montar o sistema como na simulação nº 3, com a chaveta fora do trilho e aplicação de torque no parafuso. Nessas condições, é possível cumprir todos os passos para a modulação do sistema, inclusive com aplicação do torque previsto no parafuso de fixação.

Também foi constatado que o garfo se movimenta em relação ao eixo cônico, caso seja aplicado torque em torno de 60 kgf.m no sentido de arrasto do rotor de cauda, simulando a condição do rotor em voo. Quando a chaveta entra no seu encaixe no garfo, em decorrência do movimento relativo entre as peças, perde-se o torque aplicado no parafuso por ocasião da montagem do sistema. Tanto no rotor de cauda acidentado quanto nas duas simulações realizadas, foi necessário aplicar apenas 2 kgf.m de força para retirar o parafuso de fixação.

Para romper a chaveta, são necessários em torno de 60 kgf.m. Após a chaveta ter se rompido, apenas 10 kgf.m são suficientes para movimentar o garfo em relação ao eixo cônico.

Notou-se que, quando a chaveta entra no seu encaixe no garfo, este tende a avançar e isso tira o polímero aplicado na sua parte traseira. O garfo também estava sem polímero nessa posição. Observou-se, ainda, que é possível a entrada do polímero entre o garfo e o eixo cônico, pelo vão formado pela montagem da chaveta fora do alojamento. Isso pode explicar a aparência espalhada do polímero no eixo cônico, no sentido “para dentro” do garfo.

Finalmente, para aceitar plenamente a hipótese de montagem incorreta do garfo, seria necessário aceitar que o sistema permitiria o balanceamento do rotor de cauda.

Balanceamento do rotor de cauda

Para pensarmos na possibilidade de montagem incorreta, com a chaveta fora do alojamento, precisamos considerar que o sistema aceitou o balanceamento, conforme registros obtidos junto à empresa de manutenção responsável pelo serviço.

Foi informado pelo fabricante do helicóptero que, considerando-se a mudança de ângulo e posição do disco do rotor de cauda e levando-se em consideração que o sistema gira a 2.048 RPM, é matematicamente impossível balancear o rotor de cauda nestas condições.

Na pesquisa documental realizada observou-se que o último registro de balanceamento remete à mesma inspeção onde foi necessária a montagem do rotor de cauda. À época, foi registrado que houve balanceamento e que os valores estavam dentro dos limites previstos pelo fabricante, mas não houve registro dos pesos colocados para se conseguir o balanceamento do rotor de cauda.

Após isto, há o registro do balanceamento do eixo de acionamento do rotor de cauda na última inspeção de 100 horas, mas, aparentemente, nenhum serviço no rotor de cauda foi realizado.

Importante relatar que não havia reclamação, por parte do operador, de anormalidade nos pedais do PT-YRE, seja em termos de amplitude e funcionamento, seja em termos de vibração.

Funcionamento do rotor de cauda

O torque máximo disponível para o rotor de cauda durante o seu funcionamento normal é de 90 kW.

Sem considerarmos a chaveta, o torque de 26 kgf.m, corretamente aplicado ao parafuso de fixação, permite que o sistema transmita um torque de 190 + 7 kW. Os 7 kW correspondem às forças aerodinâmicas geradas pelo rotor de cauda em funcionamento.

Para um torque no parafuso da ordem de 12 a 13 kgf.m, sem a aplicação do pré-torque de 26 kgf.m e sem a chaveta, é possível transmitir 95 + 7 kW no eixo do rotor de cauda. Se considerarmos a chaveta instalada é possível transmitir 178 + 7 kW no eixo cônico. Os 7 kW correspondem às forças aerodinâmicas geradas pelo rotor de cauda em funcionamento.

Sem a aplicação de qualquer torque, apenas a chaveta é capaz de transmitir 83 + 7 kW. Os 7 kW correspondem às forças aerodinâmicas geradas pelo rotor de cauda em funcionamento.

A chaveta é metálica e se rompe por fadiga estática quando recebe um torque aproximado de 90 kW. Entretanto, o rotor de cauda funciona, na média, com 22 kW. Esta força é suportada pela chaveta (sem a necessidade de torque) por cerca de 180 horas de voo, quando a curva de fadiga do material mostra que a ruptura pode ocorrer durante o funcionamento normal do rotor de cauda, ou seja, com 22 kW ou menos.

A Helibrás questionou se o tipo de operação à qual a aeronave estava sujeita não alteraria os cálculos apresentados. Em resposta, a Eurocopter refez seus cálculos levando em consideração que os pairados prolongados e/ou pequenos deslocamentos laterais são uma realidade que aumentam a necessidade de potência média no sistema de rotor de cauda.

Para este tipo de voo, o fabricante declarou que o torque médio do rotor de cauda era da ordem de 31 kW, podendo chegar a 65 kW em voos com deslocamento lateral. Para estes valores a falha da chaveta por fadiga, provavelmente, ocorreria com o corresponde a cerca de 100 horas de voo.

O DCTA, responsável pelo fator material deste acidente, aceitou os dados numéricos fornecidos pelo fabricante, entretanto, a hipótese de fadiga da chaveta foi questionada em função da parte fraturada que, neste caso, deveria ser encontrada dentro do alojamento, quando o verificado no acidente foi que esta se desgastou por completo devido ao atrito contra o garfo.

Hipóteses

É fato que os problemas nesse acidente se originaram na conexão do garfo com o eixo cônico. Após as pesquisas e testes realizados, chegou-se a duas hipóteses para a ocorrência:

- 1) instalação incorreta do garfo no eixo cônico (chaveta fora do alojamento) com aplicação do torque conforme previsto no manual de manutenção; e
- 2) instalação correta do garfo sem aplicação dos torques previstos em manual.

Análise da hipótese “1”:

A favor dessa hipótese tem-se que:

- o parafuso de fixação do garfo no eixo cônico ficaria mais para fora do que previsto no projeto. Tanto no parafuso instalado na aeronave, quanto no parafuso usado durante os testes e pesquisas, observou-se que ele entra em torno de 13

mm, valor este bem abaixo dos 19 mm esperados caso a montagem seja realizada da maneira correta;

- os parafusos de limitação do flapeamento das pás não batem na cabeça do parafuso de fixação do garfo, mesmo após o realojamento da chaveta no encaixe do garfo. Esta informação foi obtida de forma estática. Dinamicamente falando, maiores estudos seriam necessários para explicar o roçamento dos limitadores de flapeamento;
- quando a chaveta entra em seu encaixe, o sistema perde o torque aplicado anteriormente no parafuso;
- para se soltar o parafuso de fixação do garfo acidentado foram necessários 2 kgf.m, valor idêntico ao necessário para se tirar o parafuso durante os testes realizados na Helibrás;
- as marcas de polímero, verificadas no eixo cônico, sugerem que o material entrou no espaço entre este e o garfo, fato impossível se consideramos a montagem correta;
- o desgaste da chaveta e os roçamentos observados no eixo cônico da aeronave acidentada são semelhantes ao observado no eixo cônico dos testes;
- não houve variação nos pedais dos pilotos;
- o sistema é possível de ser montado e torquado e, para movimentar o garfo em relação ao eixo cônico, são necessários em torno de 60 kgf.m; e
- a parte traseira do garfo perdeu o selante, tanto na aeronave acidentada, quanto no garfo submetido aos testes.

Contra esta hipótese, tem-se que:

- a aparência grosseira da montagem incorreta, por si só, representa uma barreira para um erro dessa magnitude;
- para obter o torque final no parafuso de fixação do garfo no eixo cônico, quando montados incorretamente, são necessárias mais voltas com o torquímetro do que o normal; e
- matematicamente, segundo a Eurocopter, a montagem incorreta seria notada durante o *Vibrex* do rotor de cauda, pois não seria possível balancear o sistema nessas condições.

Análise da hipótese “2”:

A favor dessa hipótese tem-se que:

- a montagem do sistema é bem semelhante à normal. O garfo entra no eixo cônico em torno de 36 mm e a chaveta fica na posição normal;
- não houve variação nos pedais dos pilotos;
- é mais fácil considerar a possibilidade do balanceamento do rotor de cauda, se comparado à hipótese “1”; e
- para se soltar o parafuso de fixação do garfo acidentado foram necessários 2 kgf.m, valor idêntico ao necessário para se retirar o parafuso durante os testes realizados na Helibrás.

Contra esta hipótese, tem-se que:

- o parafuso de fixação do garfo entraria mais do que os 13 mm observados nos testes e no parafuso da aeronave;

- as marcas do polímero, verificados no eixo cônico, teoricamente não entrariam no espaço entre este e o garfo, em função do perfeito acoplamento entre as duas peças; e
- a colocação do *Loctite* no parafuso praticamente obriga a aplicação de torque após a instalação deste e havia presença de *Loctite* no parafuso.

Considerando-se que não seja possível balancear o rotor de cauda instalado incorretamente (hipótese “1”), seria improvável que o helicóptero tivesse voado mais de 185 horas com vibração no rotor de cauda sem que o operador reportasse o problema.

Durante as análises, considerou-se uma 3ª hipótese, que combina as hipóteses “1” e “2”. É possível que o sistema tenha sido montado como descrito na hipótese “1” (chaveta fora do alojamento com aplicação de torque no parafuso) e que, no primeiro giro de manutenção para verificação do *Vibrex*, a chaveta tenha encaixado em seu trilho. Dessa forma, o garfo assentaria no eixo cônico, possibilitando o balanceamento do rotor de cauda. O parafuso de fixação perderia o seu torque e o sistema passaria a condição descrita na hipótese “2” (chaveta encaixada no trilho sem torque no parafuso).

Nessas condições, todo o torque do rotor de cauda teria que ser suportado pela chaveta que se desgastaria até se desalojar do seu encaixe e permitir que o garfo girasse em falso em relação ao eixo cônico. Entretanto, segundo o fabricante, a chaveta não resistiria aos esforços do rotor de cauda e se romperia por fadiga antes das 185 horas de voo. Ainda assim, essa hipótese não pode ser totalmente descartada porque não há como comprovar que os cálculos do fabricante relativos à fadiga da chaveta correspondam à realidade.

Para se comprovar, definitivamente, a possibilidade de se montar o rotor de cauda com a chaveta fora do alojamento e ter certeza que este sistema aceitaria o balanceamento, seria necessário girar um rotor de cauda montado incorretamente nas velocidades de operação. Em função dos riscos que tal teste traria, aliado ao fato de que hipóteses e fatos têm o mesmo peso para a investigação de acidentes aeronáuticos, considerou-se que tal procedimento não se justificaria.

3. CONCLUSÃO.

3.1. Fatos.

- a) o piloto estava com o Certificado de Capacitação Física (CCF) válido;
- b) o piloto estava com o Certificado de Habilitação Técnica (CHT) válido;
- c) o piloto era qualificado e possuía experiência no tipo de voo;
- d) não há registro de treinamento do piloto no ano que antecedeu o acidente;
- e) o piloto tinha experiência no tipo de helicóptero e no tipo de voo;
- f) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido;
- g) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- h) todos os registros de manutenção remetem a uma mesma empresa, certificada;
- i) os últimos registros referentes à montagem do rotor de cauda e realização de *Vibrex* datam de dezembro de 2009;
- j) o mecânico e o inspetor, responsáveis pela última montagem do rotor de cauda, possuíam treinamento requerido para realizar a tarefa;
- k) a última intervenção de manutenção realizada na aeronave foi do tipo 100 horas e foi finalizada no dia 21JAN2010, 73 horas e 25 minutos de voo antes do acidente;

- l) na ocasião da última inspeção, a aeronave estava com a inspeção de 100 horas e as inspeções intermediárias, (7 dias, 10 horas, 25 horas, 30 horas e 50 horas) vencidas, tampouco havia o registro da realização de qualquer inspeção de pós-voo e/ou pré-voo;
- m) na data do acidente, a aeronave estava com as inspeções intermediárias de 7 dias, 10 horas, 25 horas, 30 horas e 50 horas vencidas, tampouco havia o registro da realização de qualquer inspeção de pós-voo e/ou pré-voo;
- n) o helicóptero era registrado na categoria Transporte Público Privado (TPP) e a empresa operadora da aeronave voava de acordo com o RBHA 91;
- o) houve o rompimento da árvore de acionamento do rotor de cauda em função de uma sobrecarga no sistema;
- p) o piloto perdeu o controle do helicóptero;
- q) o helicóptero colidiu contra o solo;
- r) o piloto faleceu no local do acidente;
- s) o operador de câmera foi levado para o hospital em estado grave e resistiu aos ferimentos; e
- t) a aeronave teve danos substanciais.

3.2. Fatores contribuintes.

- Aplicação dos comandos – indeterminado.

A redução da velocidade para valores inferiores a 50kt é perigosa quando há pane no rotor de cauda e, como consequência, pode haver a perda de controle do helicóptero. No caso do AS-350, esta perda é caracterizada pela guinada à esquerda.

Foi constatado que houve problemas relacionados ao controle do rotor de cauda. Este tipo de pane está prevista no Manual de Voo da aeronave e, dentre as ações previstas, orienta que o piloto mantenha valores de velocidade à frente mínimos necessários para que a deriva possua eficiência aerodinâmica suficiente para se contrapor ao torque do rotor principal e manter o controle direcional da aeronave.

Nesse acidente, pode ter ocorrido o uso inadequado dos comandos, seja por meio do aumento de torque do motor, seja pela redução exagerada da velocidade à frente, ou por ambos.

- Cultura do grupo de trabalho – contribuiu.

Os pilotos compartilhavam a ideia de que voar o helicóptero sem que as inspeções de pré-voo, intermediárias e pós-voo (previstas no manual da aeronave) fossem realizadas não trariam maiores problemas. Essa cultura do grupo influenciou a realização do voo sem que fossem realizadas as inspeções intermediárias e sem que fosse verificado o problema relatado pelo piloto no dia anterior.

- Cultura organizacional – contribuiu.

A presença da informalidade na cultura organizacional interferiu no fluxo de informações, na definição de atribuições e responsabilidades, bem como na padronização dos procedimentos operacionais, dificultando a detecção e mitigação das ameaças latentes na atividade aérea.

- Estresse – indeterminado.

O tipo de voo realizado pelo piloto era, por si só, estressante. A inserção de uma emergência considerada crítica no voo pode ter elevado, sobremaneira, o nível de estresse do piloto e afetado os seus sistemas cognitivo e emocional.

- **Fadiga – indeterminado.**

Em função da possibilidade de que o tempo estimado disponível para o repouso ter sido menor que o estabelecido na legislação pertinente, pode-se suspeitar que o piloto estivesse fadigado no dia do acidente.

- **Formação, Capacitação e Treinamento – indeterminado.**

A empresa não possuía controle sobre a periodicidade do treinamento de emergência de seus tripulantes. O piloto envolvido no acidente em questão havia realizado o último treinamento há dois anos, o que pode ter prejudicado seu desempenho frente à situação de emergência.

- **Instrução – indeterminado.**

Observou-se que o último treinamento do piloto foi realizado em 2006. Em 2008, foi utilizado um voo de cheque para que os procedimentos de emergência fossem lembrados. Considerou-se que o período de um ano e dez meses que separaram esta reciclagem do acidente pode ter contribuído para o baixo desempenho do piloto na definição da pane e na aplicação dos procedimentos previstos para o pouso seguro do helicóptero.

- **Manutenção da aeronave – contribuiu.**

Os últimos registros de ações de manutenção, realizadas no rotor de cauda, datam de dezembro de 2009. Após estas, o helicóptero voou cerca de 180 horas, em operações, na sua maioria, de filmagem aérea com baixa velocidade, ou mesmo, em voo pairado.

Durante os exames e testes ficou constatado que, apesar de improvável, é possível montar o garfo de forma incorreta de maneira que este se encaixe no eixo cônico com a chaveta fora do seu alojamento, inclusive com a aplicação do torque previsto em manual.

Dessa forma, apesar de não ser possível determinar com exatidão em que momento houve erro na montagem do sistema, pode-se supor que o garfo não foi instalado corretamente no eixo cônico, seja pela montagem com a chaveta fora do alojamento (hipótese “1”), seja pela não aplicação do torque no parafuso de fixação (hipótese “2”).

A investigação concluiu que, se o garfo tivesse sido montado corretamente, não haveria como o parafuso ter se soltado e, conseqüentemente, o garfo não teria girado em relação ao eixo cônico.

No que se refere às inspeções, foi constatado que os registros eram feitos sempre pela mesma empresa de manutenção, a qual montou o rotor de cauda e fez o Vibrex. Entretanto, no dia do acidente, as inspeções intermediárias estavam vencidas e foi constatado que o operador do helicóptero tinha por conduta parar a máquina apenas para fazer as inspeções de 100 horas e, nesta oportunidade, eram cumpridas as demais.

Foi constatado que as inspeções diárias não eram cumpridas ou, pelo menos, não eram registradas conforme previsto no Manual de Manutenção. Neste sentido, as lavagens de compressor do motor, recomendadas pelo fabricante, ou não eram realizadas, ou não eram registradas na frequência desejável.

Inspeções intermediárias são imprescindíveis. Durante essas inspeções podem-se notar erros, tendências, desgastes, fadiga de material, etc. Essas inspeções ajudam a prevenir acidentes. Na ocorrência em questão, mecânicos poderiam perceber uma montagem errônea durante uma inspeção intermediária evitando, assim, o acidente.

- Organização do trabalho – contribuiu.

A organização do trabalho na empresa não era sistematizada, favorecendo procedimentos informais, lideranças difusas e falhas nos planejamentos. Essa situação, reflexo da cultura organizacional vigente, contribuiu para a ocorrência de falhas no controle e na realização das manutenções da aeronave.

- Pessoal de apoio – indeterminado.

No dia anterior ao acidente, o piloto verbalizou uma dificuldade no pouso do helicóptero. Este reporte não foi registrado, tampouco foi realizada uma verificação preventiva para se tentar definir as possíveis causas do problema.

É possível supor que a presença de um mecânico na recepção do helicóptero, pudesse ter interrompido a sequência de eventos que levaram a este acidente, por meio de uma inspeção no rotor de cauda.

Sem contribuição direta para o acidente, porém, presente na operação da aeronave, a inexistência de pessoal de apoio qualificado impedia a execução das inspeções diárias como o pré-voo e pós-voo, bem como a lavagem de compressor do motor.

- Planejamento gerencial – indeterminado.

Apesar de as operações serem conduzidas de acordo com o RBHA 91, a especificidade da operação, a quantidade de pilotos, a inexistência de uma escala de voo, a quantidade de saídas diárias e de horas de voo voadas, dentre outros, requereriam uma maior atenção por parte da gerência.

Nesse sentido, foi constatado que a informalidade de processos e procedimentos na operação da aeronave, a falta de conhecimento técnico na linha hierárquica decisória, a falta de pessoal técnico, sobretudo de mecânico habilitado na aeronave para apoiar a operação, podem ter contribuído para o acidente.

- Supervisão gerencial – contribuiu.

Da operadora do helicóptero:

Foi constatado que os supervisores da atividade aérea não possuíam os conhecimentos técnicos para exercerem suas funções. Como consequência, aceitavam as sugestões e solicitações dos pilotos e consideravam que, desta forma, estavam mantendo um bom nível de segurança de voo.

A informalidade nos processos e procedimentos e a amizade entre os envolvidos com a atividade aérea faziam com que o ambiente de trabalho fosse muito agradável, sendo relatado, por alguns, como a extensão de sua família.

Existia o lado positivo neste tipo de ambiente, igualmente, havia ausência de definição das atribuições e responsabilidades de cada envolvido na condução da atividade aérea, além de serem admitidas algumas flexibilidades que, por vezes, interferiam no processo decisório.

Nesse sentido, pode-se destacar a conduta informal tomada pelo piloto frente a uma dificuldade no pouso da aeronave, no dia que antecedeu o acidente; a ausência de procedimentos e registros para as diversas atividades desenvolvidas pela empresa; e a ausência de pessoal de apoio para a manutenção do helicóptero.

Da oficina de manutenção:

No que diz respeito à última manutenção realizada no rotor de cauda do PT-YRE, em dezembro de 2009, foi constatado que, no momento da aplicação do torque no parafuso de fixação do garfo, o inspetor responsável estava atendendo a outra aeronave e não estava presente no local.

- Uso de medicamento – indeterminado.

Foi observado que o piloto estava fazendo uso de Omeprazol. Esse medicamento tem como possíveis reações adversas tontura e sonolência. Essa condição, somada ao repouso inadequado, pode ter gerado consequências favoráveis para uma condição de fadiga por parte do piloto.

4. RECOMENDAÇÃO DE SEGURANÇA

Medida de caráter preventivo ou corretivo emitida pelo CENIPA ou por um Elo-SIPAER para o seu respectivo âmbito de atuação, visando eliminar um perigo ou mitigar o risco decorrente de condição latente, ou de falha ativa, resultado da investigação de uma ocorrência aeronáutica, ou de uma ação de prevenção e que, em nenhum caso, dará lugar a uma presunção de culpa ou responsabilidade civil, penal ou administrativa.

Em consonância com a Lei nº 7.565/1986, as recomendações são emitidas unicamente em proveito da segurança de voo. Estas devem ser tratadas conforme estabelecido na NSCA 3-13 “Protocolos de Investigação de Ocorrências Aeronáuticas da Aviação Civil conduzidas pelo Estado Brasileiro”.

Recomendações emitidas no ato da publicação deste relatório.

À Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), recomenda-se:

A-009/CENIPA/2014 – 01

Emitida em: 22/04/2016

Avaliar a necessidade de criar um regulamento específico, que estabeleça critérios para obtenção de um Certificado de Operador Aéreo (COA) para empresas que exploram comercialmente os serviços de aeroreportagem, aerocinematografia, aerofotografia e outros previstos no RBHA 91, de maneira similar ao que já ocorre com o Serviço Aéreo Especializado Aeroagrícola.

A-009/CENIPA/2014 – 02

Emitida em: 22/04/2016

Atuar, junto às oficinas que realizam a montagem do garfo em aeronaves AS 350, de modo a certificar-se que seus mecânicos sejam reciclados no tocante a esse tipo de serviço, bem como, sejam alertados da importância em se observar todos os passos previstos no manual de manutenção do fabricante.

A-009/CENIPA/2014 – 03

Emitida em: 22/04/2016

Atuar, junto às oficinas que realizam a montagem do garfo em aeronaves AS 350, de modo a certificar-se que seus inspetores sejam alertados da importância do acompanhamento dos serviços, principalmente nas fases mais críticas e naquelas que afetam diretamente a aeronavegabilidade das aeronaves.

5. AÇÃO CORRETIVA OU PREVENTIVA JÁ ADOTADA.

A Helibrás modificou os procedimentos de recebimento de aeronaves para manutenção e registro quando um helicóptero dá entrada com alguma inspeção vencida.

O fabricante homologou bancos *anti crash* para o piloto e copiloto.

Em, 22 de abril de 2016.

