

**COMANDO DA AERONÁUTICA**  
**CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE**  
**ACIDENTES AERONÁUTICOS**



**RELATÓRIO FINAL**  
**A-090/CENIPA/2014**

<b>OCORRÊNCIA:</b>	<b>ACIDENTE</b>
<b>AERONAVE:</b>	<b>PR-FPL</b>
<b>MODELO:</b>	<b>EC-120B</b>
<b>DATA:</b>	<b>02MAIO2014</b>



## **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 Appendix 2 do Anexo 13 "Protection of Accident and Incident Investigation Records" 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 PR-FPL, modelo EC-120B, ocorrido em 02MAIO2014, classificado como “[LOC-I] Perda de controle em voo”.

Durante treinamento de pane hidráulica simulada, na aproximação para pouso no Aeródromo de Luziânia (SWUZ), a aeronave impactou contra o solo, a 35m da lateral da cabeceira 11.

A aeronave teve danos substanciais.

Todos os ocupantes saíram ilesos.

Houve a designação de Representante Acreditado do *Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile* (BEA) - França, Estado de fabricação da aeronave.



## ÍNDICE

<b>GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....</b>	<b>7</b>
1.1. Histórico do voo.....	7
1.2. Lesões às pessoas.....	7
1.3. Danos à aeronave. ....	8
1.4. Outros danos.....	8
1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.....	8
1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.....	8
1.5.2. Formação.....	8
1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.....	8
1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.....	8
1.5.5. Validade da inspeção de saúde.....	8
1.6. Informações acerca da aeronave.....	9
1.7. Informações meteorológicas.....	9
1.8. Auxílios à navegação.....	10
1.9. Comunicações.....	10
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	10
1.11. Gravadores de voo.....	10
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.....	10
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	13
1.13.1. Aspectos médicos.....	13
1.13.2. Informações ergonômicas.....	13
1.13.3. Aspectos Psicológicos.....	13
1.14. Informações acerca de fogo.....	14
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	15
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	15
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.....	36
1.18. Informações operacionais.....	38
1.19. Informações adicionais.....	46
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	46
<b>2. ANÁLISE.....</b>	<b>46</b>
<b>3. CONCLUSÕES.....</b>	<b>51</b>
3.1. Fatos.....	51
3.2. Fatores contribuintes.....	52
<b>4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA .....</b>	<b>53</b>
<b>5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....</b>	<b>54</b>

**GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS**

ADF	Categoria de registro de aeronave de Administração Direta Federal
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ATS	<i>Air Traffic Services</i> - Serviços de Tráfego Aéreo
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CFI	Curso de Formação de Instrutor
CG	Centro de Gravidade
CIV	Caderneta Individual de Voo
CM	Certificado de Matrícula
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
CRM	Gerenciamento de Recursos de Cabine
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
DOA	Divisão de Operações Aéreas
DPRF	Departamento de Polícia Rodoviária Federal
EASA	<i>European Aviation Safety Agency</i> - Agência Europeia de Segurança da Aviação
FLM	<i>Flight Manual</i> - Manual de Voo
GSO	Gestor de Segurança Operacional
INVH	Habilitação de Instrutor de Voo - Helicóptero
IFR	<i>Instrument Flight Rules</i> - Regras de Voo por Instrumentos
Lat	Latitude
LACU	<i>Light and Auxiliary Control Unit</i>
Long	Longitude
METAR	<i>Meteorological Aerodrome Report</i> - Boletim Meteorológico de Localidade
MGB	<i>Main Gear Box</i> - Caixa de Transmissão Principal
MGO	Manual Geral de Operações
MGSO	Manual de Gerenciamento de Segurança Operacional
MRH	<i>Main Rotor Head</i> - Cabeça do Rotor Principal
MNTE	Habilitação de Classe Avião Monomotor Terrestre
MSM	<i>Master Servicing Manual</i>
NF	<i>Free Turbine Speed</i> - Velocidade de Rotação da Turbina Livre
PCM	Licença de Piloto Comercial - Avião
PF	<i>Pilot Flying</i>
PIMO	Programa de Instrução e Manutenção Operacional
POP	Procedimentos Operacionais Padrão

PPR	Licença de Piloto Privado - Avião
RBHA	Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica
RELPREV	Relatório de Prevenção
RS	Recomendação de Segurança
SBBR	Designativo de Localidade - Aeródromo de Brasília, DF
SERIPA VI	Sexto Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
S/N	<i>Serial Number</i> - Número de Série
SWUZ	Designativo de Localidade - Aeródromo de Luziânia, GO
TGB	<i>Tail Gear Box</i> - Caixa de Transmissão Traseira
TRQ	Torque
TRH	<i>Tail Rotor Head</i> - Cabeça do Rotor de Cauda
TRDS	<i>Tail Rotor Drive Shaft</i> - Eixo de Transmissão do rotor de Cauda
TSN	<i>Time Since New</i> - Tempo desde novo
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> - Tempo Universal Coordenado
VEMD	<i>Vehicle and Engine Multifunction Display</i>
VFR	<i>Visual Flight Rules</i> - Regras de Voo Visual
VSV	Vistoria de Segurança de Voo

## 1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	<b>Modelo:</b> EC-120B	<b>Operador:</b> Departamento de Polícia Rodoviária Federal
	<b>Matrícula:</b> PR-FPL	
	<b>Fabricante:</b> Eurocopter France	
Ocorrência	<b>Data/hora:</b> 02MAIO2014 - 19:00 (UTC)	<b>Tipo(s):</b> [LOC-I] Perda de controle em voo
	<b>Local:</b> Aeródromo de Luziânia (SWUZ)	
	<b>Lat. 16°15'39"S Long. 047°58'28"W</b>	<b>Subtipo(s):</b> NIL
	<b>Município - UF:</b> Luziânia - GO	

### 1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Aeródromo Internacional Presidente Juscelino Kubitschek, DF (SBBR), com destino ao Aeródromo Brigadeiro Araripe Macedo, localizado no município de Luziânia, GO (SWUZ), por volta das 18h30min (UTC), a fim de realizar um voo de treinamento, com dois pilotos e um passageiro (também piloto) a bordo.

Em SWUZ foi inicialmente realizado um circuito de tráfego e pouso sem o auxílio do sistema hidráulico (falha simulada do sistema hidráulico), para treinamento do piloto no assento da direita.

Após o pouso, a aeronave decolou para o treinamento de falha do sistema hidráulico do piloto no assento da esquerda. No momento da aproximação final para pouso, houve a perda de controle em voo e a aeronave impactou contra o solo a 35m da lateral esquerda da cabeceira 11.

A aeronave teve danos substanciais.

Todos os ocupantes saíram ilesos.



Figura 1 - Visão da aeronave após o impacto.

### 1.2. Lesões às pessoas.

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	-	-	-
Graves	-	-	-
Leves	-	-	-
Ilesos	2	1	-

### 1.3. Danos à aeronave.

Houve ruptura na raiz das três pás do rotor principal, danos nos componentes rotativos, nos esquis e desconexão do cone de cauda.

### 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	Copiloto
Totais	4.000:00	2.150:00
Totais, nos últimos 30 dias	24:30	14:50
Totais, nas últimas 24 horas	00:00	00:25
Neste tipo de aeronave	500:00	1.200:00
Neste tipo, nos últimos 30 dias	15:30	13:00
Neste tipo, nas últimas 24 horas	00:00	00:25

**Obs.:** os dados relativos às horas voadas foram obtidos por meio dos registros da Caderneta Individual de Voo (CIV) dos pilotos.

#### 1.5.2. Formação.

O piloto realizou o curso de Piloto Privado - Helicóptero (PPH) na Escola EDRA Aeronáutica LTDA., Ipeúna, SP, por meio do Departamento de Polícia Rodoviária Federal, em 1999.

O copiloto realizou o curso de Piloto Privado - Helicóptero (PPH) na Escola EDRA Aeronáutica LTDA., Ipeúna, SP, por meio do Departamento de Polícia Rodoviária Federal, em 2000.

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

O piloto possuía a licença de Piloto Comercial - Helicóptero (PCH) e estava com as habilitações de aeronave tipo BH07, EC20 e Instrutor de Voo - Helicóptero (INVH) válidas.

O copiloto possuía a licença de Piloto Comercial - Helicóptero (PCH) e estava com a habilitação de aeronave tipo BH07 válida e habilitação de aeronave tipo EC20 vencida desde março de 2014.

#### 1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

O piloto era qualificado e possuía experiência para a realização do voo.

O Departamento da Polícia Rodoviária Federal possuía mais frequência de voo em helicópteros do modelo Bell 407.

Segundo o tripulante, a cada três meses realizava, pelo menos, um voo para manter a habilitação no EC-120B.

O copiloto tinha mais horas de voo no modelo da ocorrência do que o piloto, contudo, não possuía a habilitação de INVH. Entretanto, havia realizado o módulo teórico de instrutor de voo.

#### 1.5.5. Validade da inspeção de saúde.

Os pilotos estavam com os Certificados Médicos Aeronáuticos (CMA) válidos.

## 1.6. Informações acerca da aeronave.

A aeronave, de número de série 1283, foi fabricada pela *Eurocopter France*, em 2002, e estava registrada na categoria de registro de aeronave de Administração Direta Federal (ADF).

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

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

A aeronave ficou estocada em Recife, PE, sem voar, entre 26OUT2013 e 15ABR2014, aguardando peças para retorno à linha de voo. Nesse período de interrupção, ela serviu como suprimento de peças para outras aeronaves. Após esse período, o helicóptero foi liberado e efetuou voo de manutenção.

A partir do retorno à linha de voo, o helicóptero voou 36 horas e 15 minutos até o momento do acidente.

A última inspeção da aeronave, do tipo "IAM", foi realizada em 13ABR2014 pela oficina Helisul Táxi Aéreo LTDA., em São Paulo, SP.

Foi realizada nessa inspeção, a remoção e substituição do conjunto completo do motor, devido a avarias no compressor. Foi instalado o motor modelo *Arrius 2F S/N 34283*, com 3.226 horas e 42 minutos desde novo (TSN).

No diário de bordo, entre a data da última inspeção, 13ABR2014, e a data do acidente, 02MAIO2014, não havia registro de falha ou funcionamento irregular nos equipamentos e sistemas da aeronave.

Foi relatado que, desde a liberação da aeronave em Recife, o helicóptero estava apresentando vazamento no bloco hidráulico, porém, não foi identificado registro de tal fato no diário de bordo ou cadernetas.

No despacho da aeronave, no dia do acidente, não havia reportes de panes tanto no diário de bordo, como nas cadernetas de motor e célula.

O Programa de Manutenção do EC-120B estava descrito no *Master Servicing Manual (MSM)* da *Eurocopter*, capítulos 4 e 5. Havia inspeções programadas por tempo (calendárias) e por quantitativo de horas de voo.

A última revisão da aeronave, do tipo "1.500 horas ou 72 meses", foi realizada em 14JAN2013 pela oficina Helisul Táxi Aéreo LTDA., estando com 277 horas e 45 minutos voados após a revisão.

## 1.7. Informações meteorológicas.

As condições eram favoráveis ao voo visual, segundo os pilotos.

Na localidade do acidente (SWUZ), não havia serviço de informação meteorológica de aeródromo.

Os Boletins Meteorológicos de Localidade (METAR) do Aeródromo de Brasília (SBBR), distante 24 milhas náuticas do local do acidente traziam as seguintes informações:

METAR SBBR 021800Z 13008KT CAVOK 28/13 Q1018

METAR SBBR 021900Z 13006KT CAVOK 28/12 Q1019

Verificou-se que as condições eram favoráveis ao voo visual com visibilidade acima de 10km e céu claro. O vento tinha intensidade entre 06 e 08kt.

De acordo com os pilotos, o vento estava calmo durante o voo no primeiro circuito de tráfego em SWUZ.

### 1.8. Auxílios à navegação.

Nada a relatar.

### 1.9. Comunicações.

Nada a relatar.

### 1.10. Informações acerca do aeródromo.

O aeródromo era público, administrado pelo Aero clube de Brasília e operava sob regras de voo visual (VFR), em período diurno.

A pista era de asfalto, com cabeceiras 11/29, dimensões de 1.200m x 20m, com elevação de 3.268 pés.

### 1.11. Gravadores de voo.

Não requeridos e não instalados.

### 1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

O impacto ocorreu ao lado da cabeceira da pista 11 de SWLZ, não havendo qualquer evidência de impacto anterior. A Figura 2 demonstra o croqui da ocorrência.



Figura 2 - Croqui da ocorrência.

O primeiro impacto contra o solo ocorreu com a parte traseira esquerda da aeronave (Figura 3).



Figura 3 - Primeiro impacto. Em destaque, tinta amarela do esqui e pedaços da guarda do rotor de cauda tipo *fenestron*.

Os esquis (trem de pouso) ficaram achatados na parte traseira devido ao choque contra o terreno (Figura 4).



Figura 4 - Trem de pouso achatado, em destaque.

Houve a quebra da parte traseira do esqui esquerdo e ruptura da guarda do rotor de cauda tipo *fenestron* (Figura 5).



Figura 5 - (I) Esqui esquerdo quebrado e desconectado. (II) Guarda do rotor de cauda *fenestron* desconectado da aeronave.

Após a parada total, a aeronave ficou tombada, deitada sobre sua lateral esquerda (Figura 6).



Figura 6 - A carenagem inferior de proteção do *fenestron*, foi desconectada.

As três pás do rotor principal colidiram contra o solo e foram fraturadas próximas às suas conexões com a cabeça do rotor principal. O cone de cauda foi completamente seccionado da junção com a fuselagem principal, permanecendo conectado por meio da haste de transmissão dos comandos.

Dezenas de pequenos fragmentos das pás foram encontrados em torno dos destroços (Figura 7).



Figura 7 - Fragmentos das pás espalhados no sítio dos destroços.

### **1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.**

#### **1.13.1. Aspectos médicos.**

Nada a relatar.

#### **1.13.2. Informações ergonômicas.**

No momento em que a aeronave iniciou derrapagem e rolagem para a esquerda, o *Pilot Flying*, no assento da esquerda, comandou o cíclico para direita até o batente de comando para contrariar o movimento. Contudo, a perna do piloto limitou o curso do cíclico, impedindo que ele atingisse o limite máximo à direita.

Foram realizados estudos antropométricos de medições nos pilotos, a fim de comparar com os limites antropométricos de acomodação da cabine da aeronave.

#### **1.13.3. Aspectos Psicológicos.**

Os pilotos que ocupavam os assentos da direita e da esquerda pertenciam à Base de Operações Aéreas da Polícia Rodoviária Federal (PRF) em Recife, PE.

Já o piloto que ocupava o assento traseiro, na condição de observador, pertencia à Base de Operações Aéreas de Curitiba, PR.

Apesar de pertencerem a bases operacionais distintas, eles já haviam composto tripulação de voo juntos em missões anteriores. Relataram possuir bom relacionamento interpessoal entre si e se avaliaram com adequada interação em cabine.

Segundo relatos de outros tripulantes da PRF, tratava-se de pilotos experientes, com adequados padrões operacionais, pois estavam há mais de dez anos nas missões aéreas executadas pela PRF.

O voo que originou o acidente tinha por objetivo a padronização de exercícios e manobras entre os três pilotos, para um curso que seria aplicado na semana seguinte, no qual eles seriam instrutores.

O voo iniciou com o comandante sentado à direita na condução de um circuito de tráfego e pouso com falha hidráulica simulada, que compunha um dos exercícios planejados para treinamento no referido curso.

Segundo relatado, o desempenho do comandante no exercício ocorreu sem alterações, tendo o pouso nesse primeiro tráfego sido realizado com sucesso. Tratava-se do piloto com maior experiência no treinamento de panes do sistema hidráulico a bordo da aeronave, além do único habilitado INVH.

O segundo circuito de tráfego foi iniciado com o copiloto sentado à esquerda na condição de *Pilot Flying* (PF), visando realizar o mesmo exercício. Já na fase de aproximação com a cabeceira da pista, ele percebeu a aeronave tender para a esquerda.

O comandante sentado à direita também percebeu a guinada da aeronave para a esquerda, mas acreditou que o copiloto sabia o que ocorria e que estava com o controle da aeronave.

Por saber que o copiloto era experiente no voo com o EC-120B, e por não se tratar de um voo de instrução, mas sim de padronização, o comandante não acompanhou as atitudes do copiloto em voo e não entendeu que se tratava de uma condição anormal real, na qual ele devesse atuar.

O comandante relatou ter sido surpreendido pelo copiloto quando este, subitamente, comunicou a sua transferência de comando. A partir desse momento, o copiloto permaneceu apenas observando a situação.

Segundo informado pelo copiloto, ele se sentiu mais confiante em passar o controle da aeronave para o comandante, tendo em vista o pouso sem hidráulico bem-sucedido recém-efetuado por ele. Pela demonstração de sua habilidade, acreditou que ele estaria mais apto a gerenciar a condição anormal apresentada.

Quando o comandante assumiu o controle, repentinamente, a aeronave iniciou uma vibração forte e acentuada, a partir da qual nenhum dos dois pilotos entendia o que ocorria. Segundo eles, a vibração foi forte o suficiente para impedir a visualização dos instrumentos no painel.

Em nenhum momento os pilotos cogitaram realizar uma arremetida. Segundo informaram, nesse instante, o comandante seguia surpreso e o copiloto à esquerda já se preparava para a colisão contra o solo ao seu lado.

Conforme informado por um dos pilotos, chegou-se a discutir, na manhã do dia do acidente, a retirada da pane do sistema hidráulico como um dos exercícios do curso. Dois dos pilotos ainda se sentiam desconfortáveis com o exercício, baseado no risco dele se tornar uma pane real.

Por insistência de um dos pilotos, decidiu-se pela permanência do exercício, ao menos no treinamento entre eles. A decisão pela inclusão, ou não, do exercício no curso seria feita ao final da execução das manobras naquele dia.

Segundo relato do copiloto, devido a um acidente ocorrido anteriormente com uma aeronave da PRF na condição de instrução, ele se sentia reticente em participar da instrução no curso, sobretudo pela postura inquisitiva que a PRF poderia adotar no caso de uma nova ocorrência na condição de instrução.

Ele confirmou que somente aceitou o desafio por ter sido um pedido da nova chefia da Divisão de Operações Aéreas da PRF (DOA-PRF) à época.

#### **1.14. Informações acerca de fogo.**

Não houve fogo.

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

Os dois tripulantes e o observador saíram ilesos.

Os cintos e suspensórios estavam sendo utilizados pelos ocupantes e permaneceram íntegros e operantes no impacto.

Foi realizado o corte do motor e evacuação em emergência. O abandono foi efetuado com sucesso pela porta direita do helicóptero.

### 1.16. Exames, testes e pesquisas.

#### Ação Inicial no local do acidente:

Os tripulantes foram entrevistados e reportaram que houve forte vibração na curta final para pouso e tendência incontrolável de rolagem e derrapagem para a esquerda.

A equipe de investigação solicitou o acompanhamento de um representante técnico da Helibras, a fim de auxiliar na identificação de possíveis evidências preliminares na aeronave acidentada.

Além de toda a coleta de dados para a investigação, foi efetuada a verificação de possíveis indícios de anormalidades na cabeça do rotor principal, nas conexões, hastes, amortecedores, servo atuadores e integridade dos comandos de voo.

Preliminarmente, no local do acidente, não foi possível identificar anormalidades na verificação dos principais componentes descritos acima (Figura 8).



Figura 8 - Cabeça do rotor e suas conexões, amortecedores de vibração, rotor *fenestron* e eixo de conexão do motor.

Os *servocontrols* foram inspecionados visualmente, não apresentando vazamento de fluido hidráulico. As hastes de controle estavam bem conectadas e frenadas.

Após a ação inicial, a aeronave foi removida para o hangar do Departamento de Polícia Rodoviária Federal (DPRF) para análises, testes e pesquisas aprofundadas em seus sistemas e componentes.

A aeronave teve danos substanciais, contudo, por meio de avaliações de manutenção, isolando-se algumas partes, foi possível efetuar a energização elétrica e hidráulica para realização das análises investigativas.

Nos dias 09 e 10SET2014, no hangar do DPRF, foram realizados exames dos destroços, cheque operacional do sistema hidráulico e leitura e análise do *Vehicle and Engine Multifunction Display* (VEMD) (Figura 9).



Figura 9 - Energização hidráulica e elétrica para testes.

A equipe foi composta por dois engenheiros da *Airbus Helicopter (Advisors)*, dois representantes da Helibras (*Advisors*), pelo investigador encarregado, um piloto de ensaios em voo (*Advisor*), um engenheiro aeronáutico de ensaios em voo (*Advisor*), um elemento credenciado em manutenção e um representante do operador.

**Cabeça do rotor principal (Main Rotor Head - MRH) e Mastro (Main Rotor Shaft - MRS):**

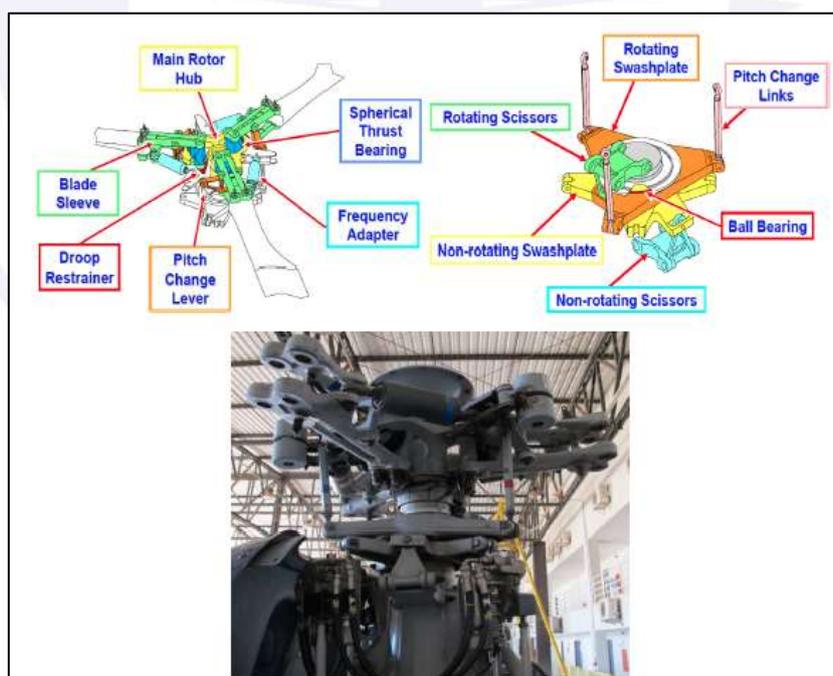


Figura 10 - Main Rotor Head (MRH) and Main Rotor Shaft (MRS).

A *Main Rotor Head* (MRH) e a *Main Rotor Shaft* (MRS) evidenciaram alguns danos resultantes do impacto das pás contra o solo com velocidade e potência, quais sejam:

- impacto entre os componentes identificados como “*spherical trust bearing big armatures and their housing*” no mastro. Esse fenômeno foi consequência da rotação e efeitos de arrasto na camisa das pás quando essas impactaram contra o solo com potência e *pitch* (Figura 11);

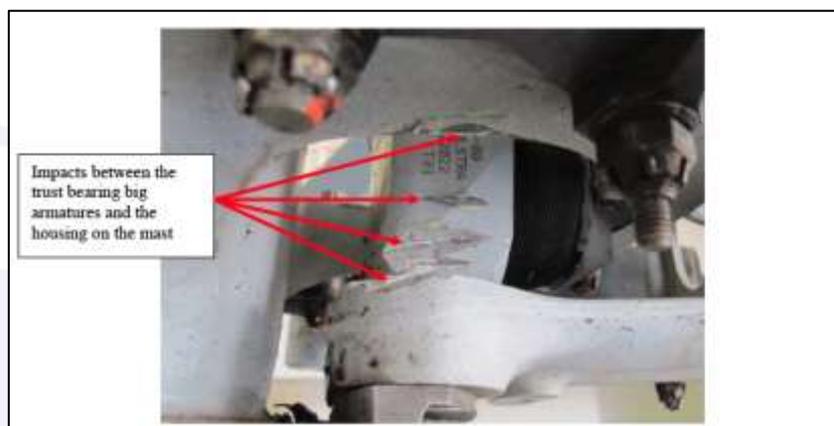


Figura 11 - Impactos no mastro.

- interferência entre o prato e a tesoura rotativa devido ao giro significativo do prato com resultado de *flapping* durante o impacto das pás contra o solo (Figura 12);



Figura 12 - Danos na parte superior do prato rotativo.

- danos no *droop restrainer support* devido à sobrecarga resultante do *flapping*, durante o impacto das pás contra o solo (Figura 13);



Figura 13 - Danos no suporte do mastro.

- danos nos três *anti-vibrator weight rotation stops* devido à sobrecarga resultante do impacto das pás contra o solo (Figura 14);



Figura 14 - Amortecedores retorcidos por consequência do impacto contra o solo.

- um dos invólucros exteriores do amortecedor de frequência (vermelho) foi desprendido da armadura externa (esse fenômeno é comumente observado como resultado das sobrecargas de arrasto quando as pás do rotor principal impactam o solo com energia enquanto a aeronave rola). A ausência de desgaste na interface confirma que este fenômeno é um efeito súbito devido à sobrecarga resultante do contato da lâmina; e

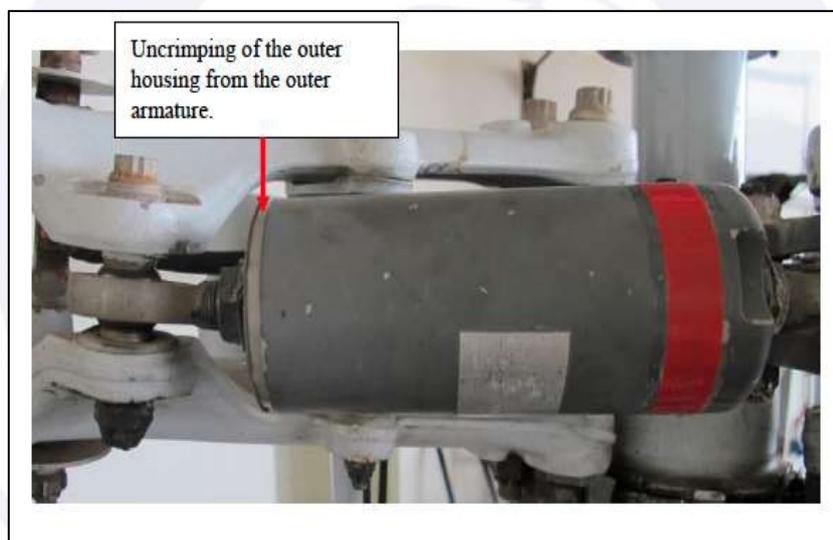


Figura 15 - Discreta separação do alojamento exterior da armadura externa.

- o prato rotativo girou e moveu livremente em todas as direções.

Os *pitch change links* (*link* de mudança de passo) estavam conectados e em bom estado.

As partes elastoméricas dos amortecedores de frequência e os rolamentos estavam em boas condições.

Com exceção desses danos, a MRH estava em boas condições e nenhum dano além da consequência do contato das pás contra o solo foi observado.

### Caixa de Transmissão Principal (Main Gear Box - MGB) e Suspensão (suspension):

A MGB não evidenciou nenhuma marca ou dano externo e nenhuma partícula estava presente no *plug* magnético (Figuras 16 e 17).

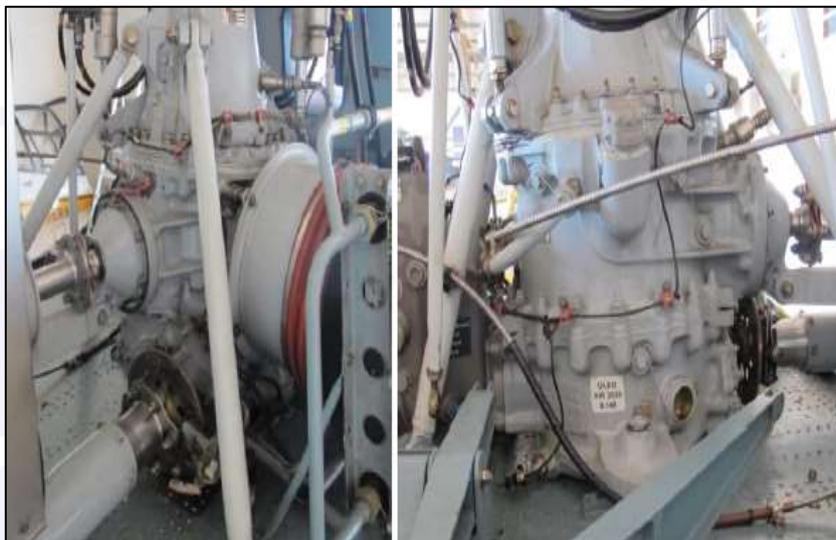


Figura 16 - Visão geral do bom estado da MGB.



Figura 17 - Plug magnético do óleo sem presença de partículas ou danos.

Foi verificado que girando o MRH foi possível acionar a saída do *Tail Rotor Drive Shaft* (TRDS) e a saída e o pinhão de entrada MGB, o que confirmou a continuidade entre a entrada da MGB, a saída MRH e o *Tail Rotor Drive Shaft*.

As quatro barras de suspensão da MGB estavam em boas condições e conectadas corretamente ao *mechanical desk* e à *conical house* do MRH (Figura 18).

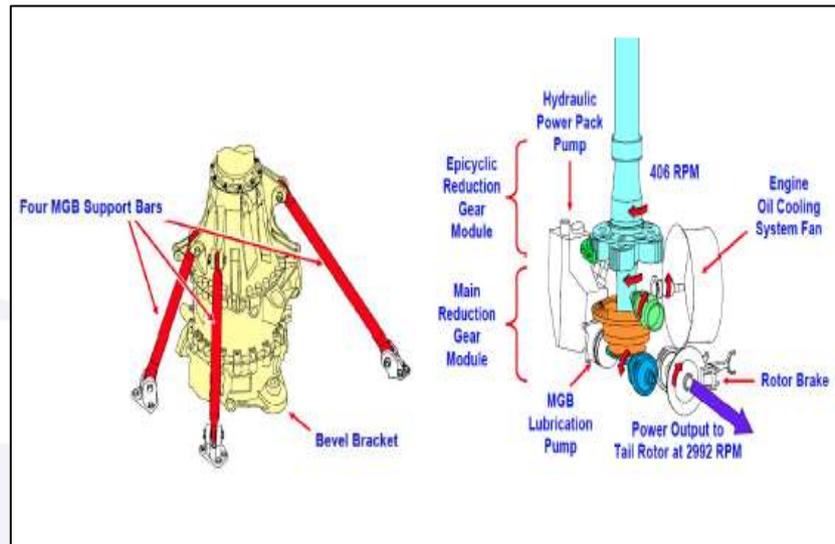


Figura 18 - Ilustração da MGB e Suspensão.

### **Acoplamento do motor com a MGB:**

O tubo de acoplamento do motor com a MGB estava em boas condições e corretamente conectado aos dois lados, ou seja, junto à MGB e junto ao motor.

O eixo de transmissão do motor para a MGB (interno ao tubo de acoplamento) estava quebrado (por sobrecarga) no movimento de giro, em sua posição mediana, como resultado do sobretorque resultante do impacto das pás do rotor principal contra o solo com potência (Figuras 19 e 20).

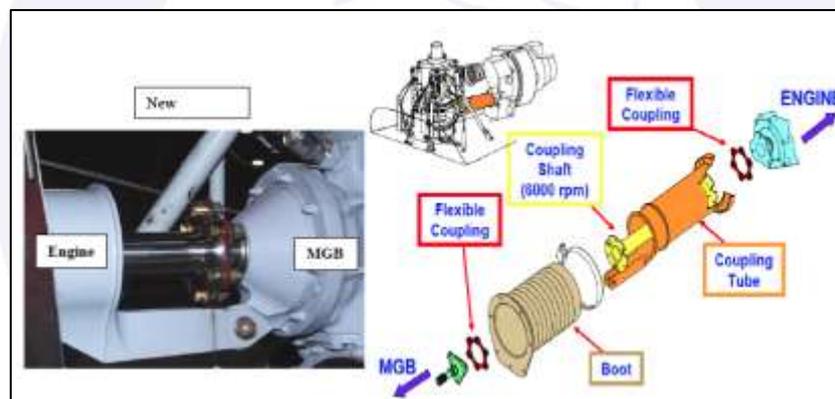


Figura 19 - Acoplamento motor MGB.



Figura 20 - Vista interna do tubo de acoplamento e eixo de transmissão quebrado.

**Eixo de Transmissão do Rotor de Cauda (*Tail Rotor Drive Shaft - TRDS*):**

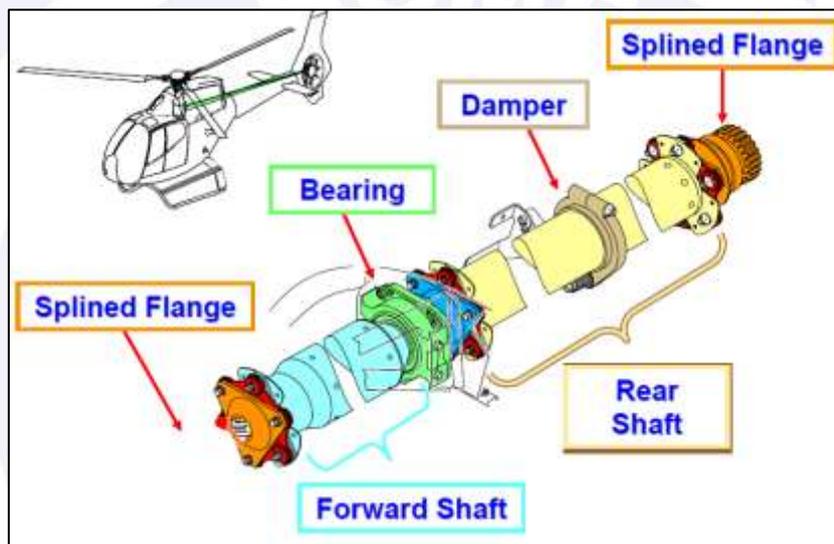


Figura 21 - Ilustração do Eixo de Transmissão do Rotor de Cauda.

A parte da frente do eixo de transmissão estava ligada à saída da MGB pelo flange estriado e rodava livremente (Figura 22).



Figura 22 - Vista do eixo de transmissão do rotor de cauda.

Esse eixo estava quebrado no acoplamento rebitado (falha por sobrecarga), com o seu flange na fixação do lado do módulo de rolamento. Essa falha ocorreu, provavelmente, como resultado da torção durante a desconexão da cauda (*tail boom*) no impacto contra o solo (Figura 23).

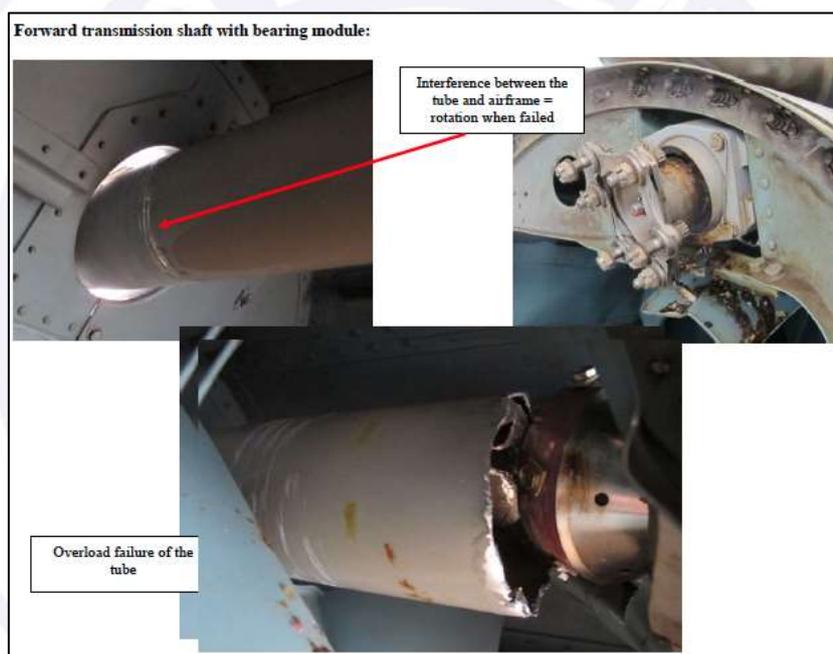


Figura 23 - Visão da falha por sobrecarga.

A fixação do módulo de duplo rolamento na fuselagem estava danificada como resultado da separação do cone de cauda, mas, girava livremente.

O eixo de transmissão traseiro ainda estava ligado ao módulo de rolamento e dobrado em seu primeiro terço, como resultado da desconexão da cauda.

O flange de entrada da caixa de transmissão traseira foi desengatado da caixa de transmissão traseira durante a separação da cauda. Nenhuma falha pré-impacto foi observada (Figura 24).

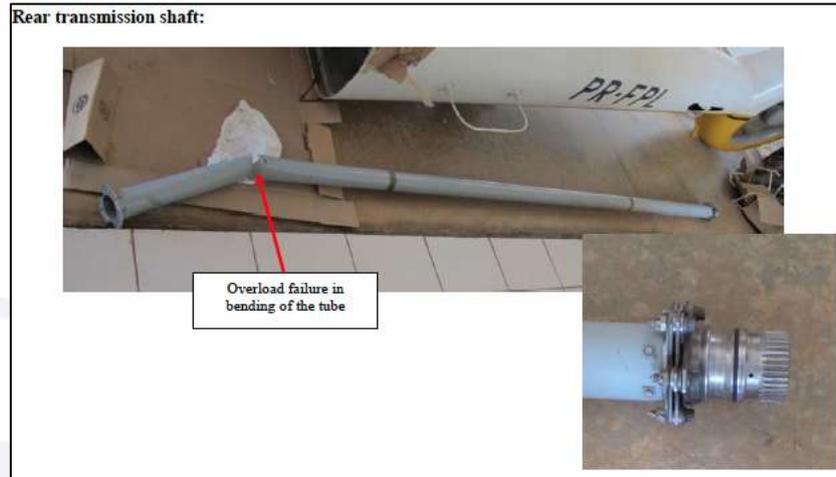


Figura 24 - Visão do dobramento do eixo associado à falha por sobrecarga. No detalhe o flange de entrada da caixa de transmissão traseira desengatado da referida caixa.

**Caixa de Transmissão Traseira (Tail Gear Box - TGB) e Cabeça do Rotor de Cauda (Tail Rotor Head - TRH):**

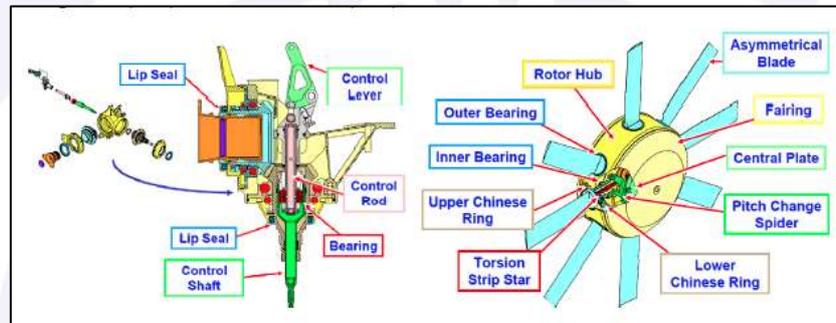


Figura 25 - Tail Gear Box (TGB) e Tail Rotor Head (TRH).

A TRH e TGB giraram livremente e não evidenciam qualquer dano externo. Nenhuma partícula foi observada no *plug* magnético da TGB (Figura 26).



Figura 26 - Rotor de cauda e *plug* magnético sem partículas (em destaque).

**Motor:**

O motor estava girando livremente (gerador de gás e turbina livre) e não foi evidenciada qualquer falha ou perda de potência antes do impacto, bem como nenhum problema de alimentação foi relatado pelos tripulantes durante o evento.

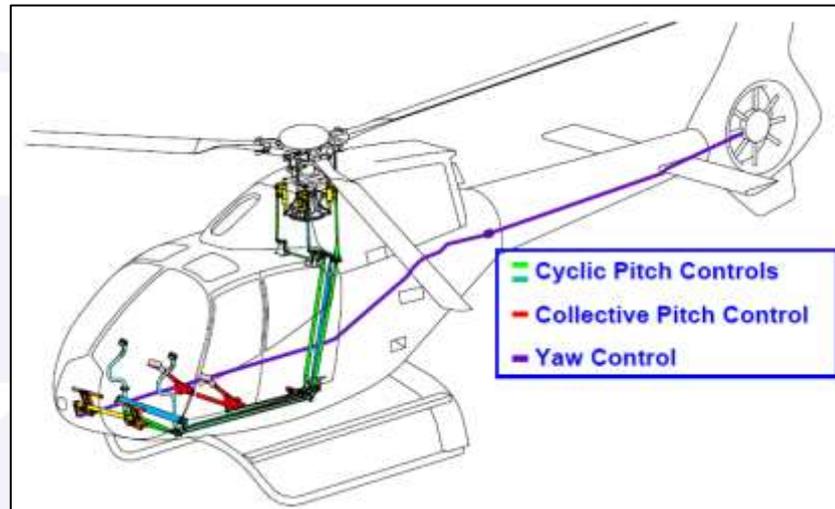
**Comandos de voo:**

Figura 27 - Ilustração dos Comandos de Voo do modelo.

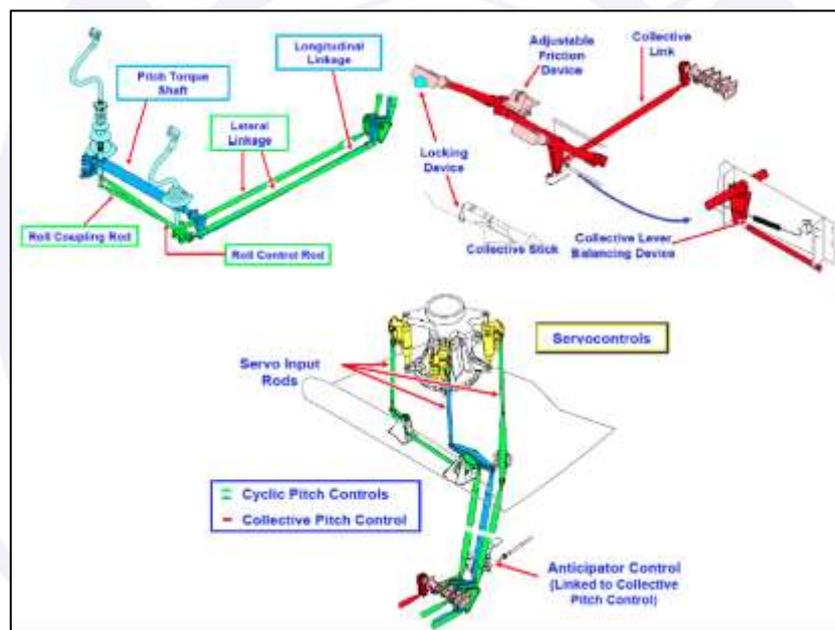


Figura 28 - Ilustração dos sistemas e comandos do helicóptero.

Os comandos de coletivo e cíclico estavam duros para movimentar, pois estavam conectados ao *servocontrol input lever*. Após a desconexão do *servocontrol input lever* do *rod* foi possível mover livremente e sem carga os comandos de coletivo e cíclico em todas as direções (Figura 29).



Figura 29 - Movimentação livre das hastes do cíclico e coletivo.

Um ponto duro foi observado na haste do cíclico que foi identificado como resultado da deformação visualizada no *rod and bellcrank* como deformação resultante do impacto contra o solo (Figura 30).

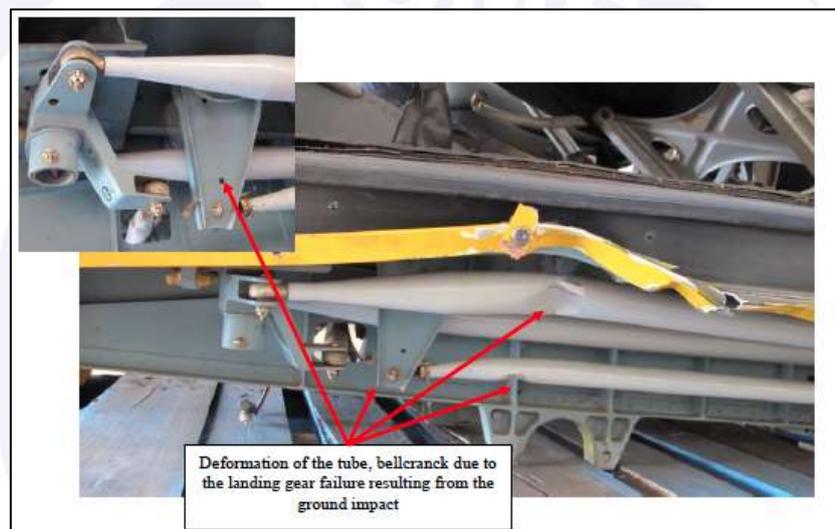


Figura 30 - Deformação do tubo e *bellcrank* devido à falha do trem de pouso resultante do impacto contra o solo.

Nenhum dano ou restrição pré-impacto foi observado nos comandos cíclico e coletivo.

### **Comando do rotor de cauda (*Tail Rotor Control*):**

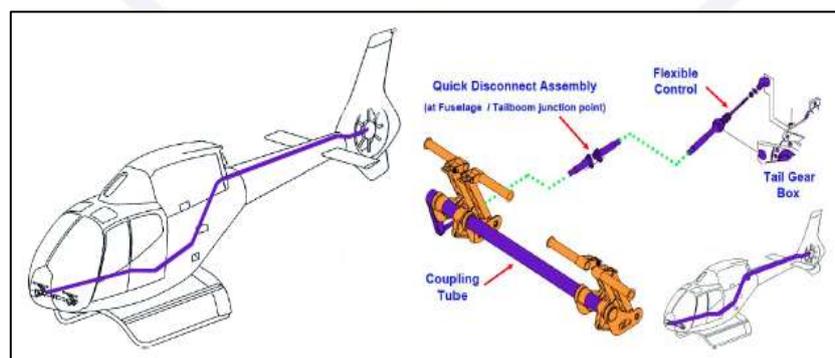


Figura 31 - Ilustração do *Tail Rotor Control*.

Os pedais moveram-se livremente e o cabo de rolamento de esferas (teleflex) correu dentro da *armature*. O cabo encontrava-se quebrado na sua conexão traseira. A falha do cabo e da *armature* foi por sobrecarga, cuja principal probabilidade foi o desprendimento do cone de cauda da fuselagem durante o impacto da aeronave contra o solo (Figuras 32, 33 e 34).

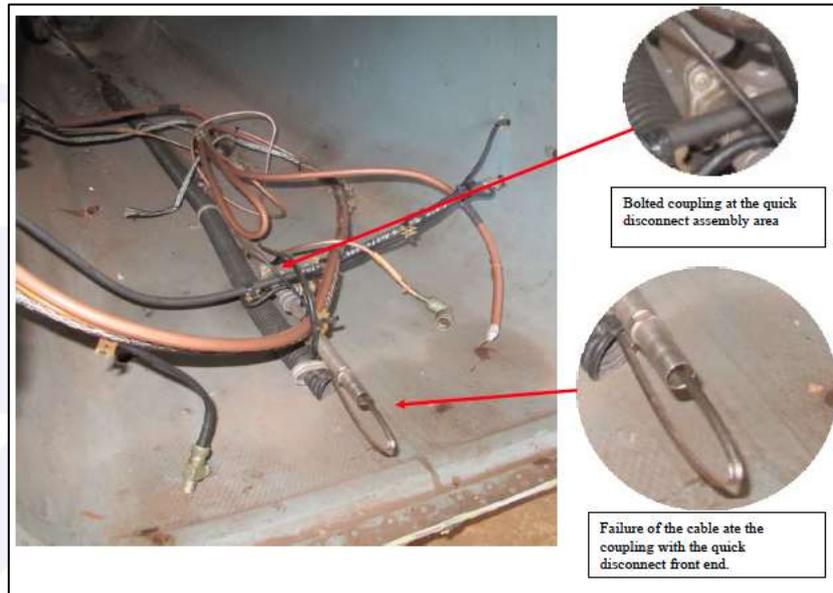


Figura 32 - Visão da falha do cabo na desconexão.

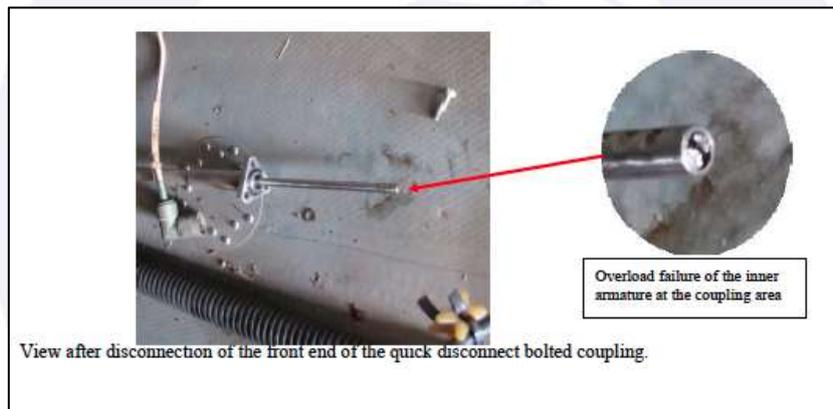


Figura 33 - Em destaque, falha de sobrecarga do interior da armadura na área de acoplamento.

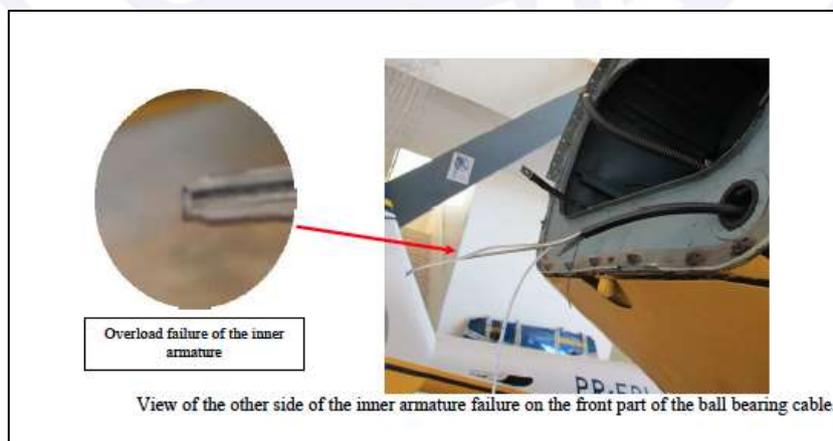


Figura 34 - Em destaque a falha interna por sobrecarga.

A parte traseira do cabo teleflex (*ball bearing*) moveu livremente e atuou na entrada da TGB resultando no movimento de todas as pás do rotor de cauda (Figura 35).

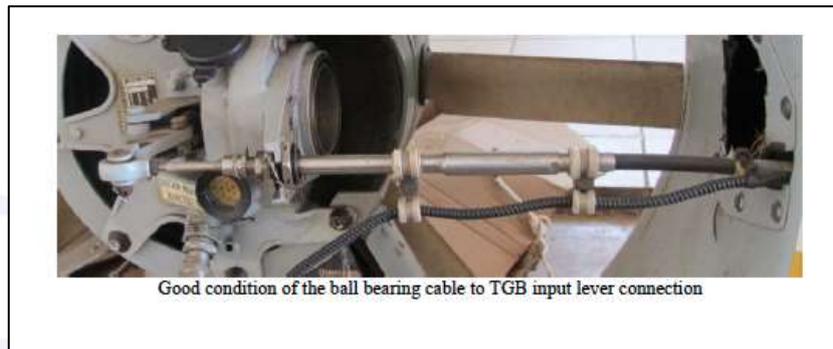


Figura 35 - Bom estado da conexão do cabo teleflex à TGB.

Nenhum dano, falha ou restrição foi observada no controle do rotor de cauda.

### **Sistema Hidráulico (*hydraulic circuit*) e Servocontrols:**

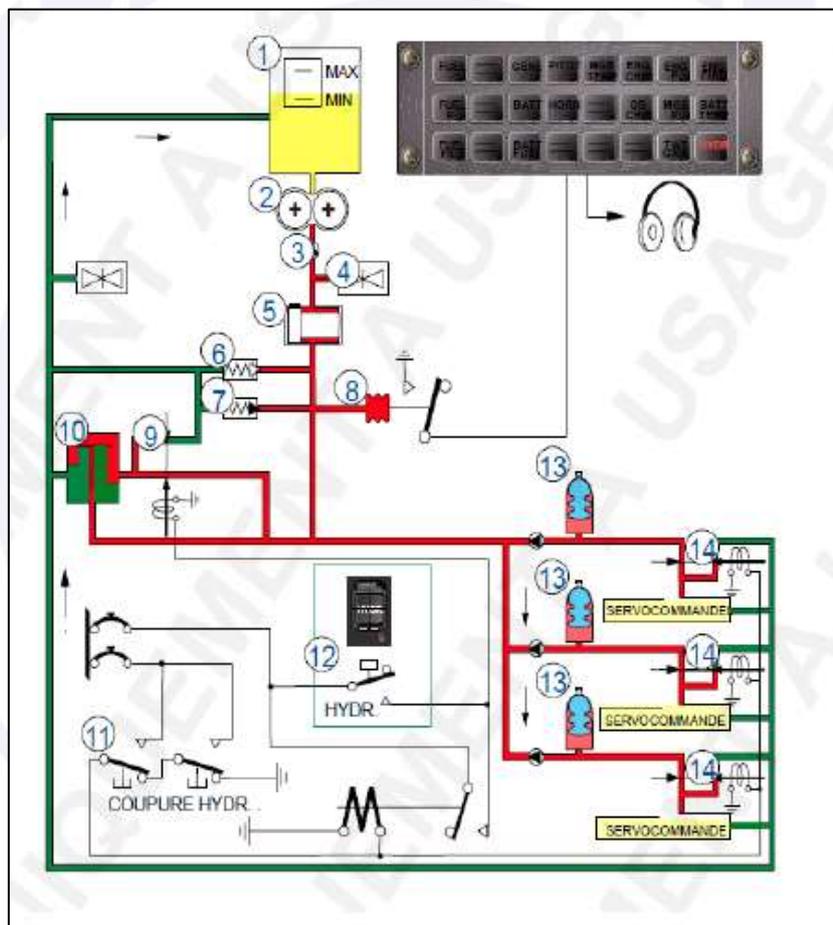


Figura 36 - Descrição do sistema hidráulico e servocontrols do EC-120B.

O sistema hidráulico era composto por uma *hydraulic compact unit*, três *servocontrols*, equipados com acumuladores, e eletroválvulas de controle e monitoramento.

A *hydraulic compact unit* era constituída por um tanque hidráulico que supria hidráulicamente os *servocontrols* instalados no helicóptero. Isso garantia:

- o armazenamento do fluido hidráulico;
- a filtragem do fluido hidráulico;

- o suprimento de fluxo de fluido hidráulico pressurizado;
- o controle da pressão hidráulica em uso;
- a detecção de queda de pressão; e
- a possibilidade de simular intencionalmente uma queda de pressão.

O helicóptero era equipado com três *servocontrols* que permitiam ao piloto voar a aeronave sem esforços. Os *servocontrols* eram do tipo corpo único. O cilindro era a parte móvel que movimentava o prato (*swashplate*). O pistão era ancorado no alojamento, sendo, portanto, fixo. O cilindro e o êmbolo constituíam um atuador hidráulico de duplo efeito controlado por um distribuidor linear (Figura 37).

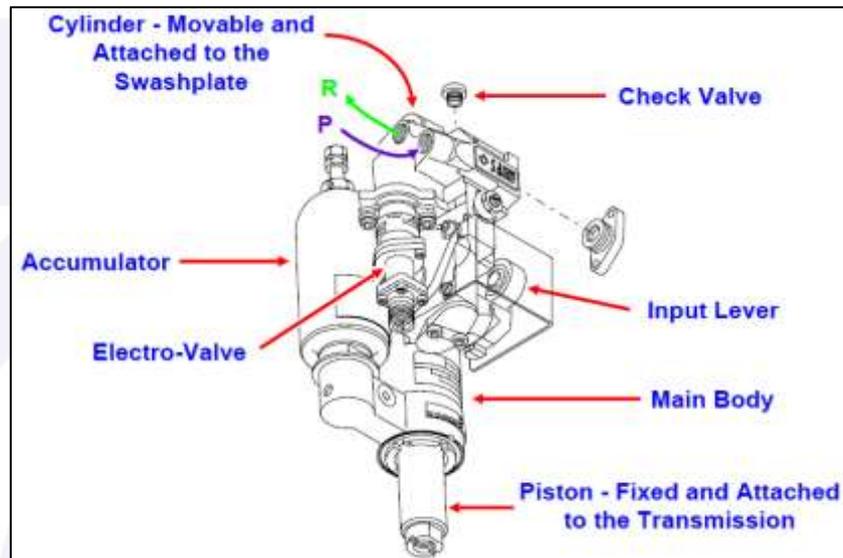


Figura 37 - Servocontrol.

O Sistema de monitoramento e controle (*control and monitoring system*) era composto por:

- uma luz de alarme vermelha HYDR no painel de alarmes;
- a HYDR *push button* no console central; e
- os *switch* HYDR *CUT OFF* nos punhos do coletivo (direito e esquerdo).

#### **Funcionamento do sistema hidráulico:**

- Operação Normal

Antes da partida, a pressão hidráulica era zero e o indicador luminoso vermelho HYDR estava aceso no painel de alarme. A bomba hidráulica fornecia pressão quando o rotor estava girando. Quando a pressão no sistema atingia entre 20 e 30bar, a luz HYDR apagava-se. O regulador de pressão regulava a pressão para 37(+/-1) bar. Os *servocontrols* eram supridos normalmente e o nitrogênio no acumulador era comprimido pelo fluido hidráulico.

- Queda de pressão - Simulação

Apertando o botão HYDR no console central, a eletroválvula era energizada, desviando o fluxo hidráulico para o reservatório. A pressão diminuía, fazendo com que o indicador luminoso de pressão HYDR acendesse no painel de alarme e o consequente disparo do aviso sonoro associado. Essa simulação no solo permitia testar o funcionamento dos acumuladores dos *servocontrols*.

A energia fornecida pelos acumuladores devia permitir que a assistência aos comandos de voo fosse mantida durante um tempo mínimo para atingir a velocidade de segurança.

- Falhas (vazamentos, falhas das bombas)

A queda de pressão no sistema ativava a switch de pressão entre 25 e 20bar, fazendo com que a luz HYDR se acendesse no painel de alarme e acionasse o aviso sonoro associado.

Os acumuladores eram capazes de fornecer assistência de controle de voo para alcançar a velocidade de segurança.

Nesse caso (falha do sistema hidráulico) devia-se cumprir o procedimento descrito no *Flight Manual* (FLM).

- Corte da pressão no *servocontrol*

A ação no interruptor HYDR *CUT OFF* no punho do coletivo do piloto ou do copiloto provocava o acionamento das eletroválvulas nos *servocontrols* e energizava um relé de controle, que comandava a abertura da eletroválvula da unidade compacta, abrindo a válvula piloto.

O acionamento das eletroválvulas dos *servocontrols* tornava o distribuidor de cada *servocontrol* inoperante por meio do isolamento da pressão hidráulica (circuito e acumulador). Quando não havia mais pressão sobre o atuador, o *by-pass* entre os atuadores e o circuito de retorno era aberto, o dispositivo de bloqueio era atuado e os três atuadores podiam ser operados manualmente.

O acionamento da eletroválvula fazia com que o fluxo hidráulico fosse direcionado para o reservatório por meio da válvula piloto.

A luz de advertência HYDR acendia-se no painel de alarme para informar o piloto dessa ação no interruptor.

#### **Exames no sistema hidráulico do PR-FPL EC120 B S/N 1283:**

Equipamentos instalados no helicóptero:

- *servocontrol* direito: MP/N SC5091-1 S/N 943;
- *servocontrol* esquerdo: MP/N SC5091-1 S/N 955;
- *servocontrol* frontal: MP/N DC5091-1 S/N 952; e
- *compact unit*: GHC100-4 S/N 317.

#### **Cheque visual nos equipamentos:**

Todos os *servocontrols* estavam visualmente em boas condições na parte externa, sem haste dobrada. A *hydraulic compact unit* estava visualmente em boas condições na parte externa. O “dedo duro” do filtro hidráulico não estava disparado (Figura 38).



Figura 38 - “Dedo duro” do filtro hidráulico não disparado.

Todos esses equipamentos estavam em boas condições e o circuito hidráulico pôde ser pressurizado para checar sua operação em condições adequadas.

#### **Cheque da carga de nitrogênio nos acumuladores:**

Todos os acumuladores estavam vazios de carga de nitrogênio. Os três apresentaram valores de 0bar. A carga especificada para eles seria de 11bar a 20°C.

Com a carga dos acumuladores em 0bar, não havia reserva de pressão em caso de falha hidráulica. Nesse caso, os acumuladores não iriam prover assistência para atingir a velocidade segura. Os *servocontrols* estariam instantaneamente em modo mecânico.

Essa anormalidade devia ser detectada durante o teste dos acumuladores hidráulicos, requerido durante o cheque de pré-voo, estabelecido no FLM, capítulo 4 (Figura 39).

- Hydraulic accumulators test :
- Collective pitch..... CHECK LOCKED.
- [ACCU TST] (on LACU)..... DEPRESS: HYDR
- Move the cyclic stick 2 or 3 times along both axes separately  $\pm 10\%$  of total travel ( $\pm 2.5$  cm, 1 inch). Check hydraulic assistance for absence of control load.
- [ACCU TST] (on LACU)..... RESET: HYDR

**CAUTION**

If not locked, the collective pitch will increase when HYD switch is in “OFF” position

Figura 39 - Teste dos acumuladores hidráulicos após acionamento.

#### **Teste Hidráulico no Helicóptero Acidentado:**

Instalação do teste:

- um banco hidráulico foi ligado à aeronave; e
- um indicador de pressão foi instalado na saída da linha da *hydraulic compact unit*.



Figura 40 - Banco hidráulico conectado na aeronave acidentada.

### Pressurização do sistema hidráulico

#### Primeiro Teste:

- a *hydraulic compact unit* foi suprida pelo banco de teste hidráulico com 40bar;
- no indicador de pressão na saída da *hydraulic compact unit* foi registrada uma pressão de 36,9bar a 37bar (+/- 1); e
- não foi registrado vazamento no circuito hidráulico.

Quando os comandos de voo foram movimentados em todas as direções, havia restrição de movimento para frente e para lateral nos *servocontrols* (Figura 41).



Figura 41 - Visualização dos *servocontrols* no teste hidráulico.

A pressurização do circuito hidráulico mostrou que o regulador de pressão funcionou corretamente e que não houve vazamento externo no circuito.

No que diz respeito à restrição nos movimentos de avanço e lateral dos *servocontrols*, foi decidido desligar os *servocontrols* do *swashplate* para controlar os cursos dos *servocontrols*.

#### Segundo teste:

- após a desconexão dos *servocontrols* do prato cíclico e desconexão da haste de entrada, o circuito hidráulico foi suprido;
- a alavanca de entrada do *servocontrol* direito foi deslocada e o curso do *servo*-comando moveu-se apenas 30mm;

- a alavanca de entrada do *servocontrol* frontal foi deslocada e o curso do servo-comando moveu-se apenas 12mm; e
- a alavanca de entrada do *servocontrol* esquerdo foi deslocada e o *servocontrol* moveu-se em todo o seu curso (104 mm).

Esses testes mostraram que dois dos três *servocontrols* principais não puderam ser deslocados em todo o seu curso o que, provavelmente, foi consequência de danos internos resultantes do acidente. No entanto, para confirmar essa hipótese, foi decidido remover e enviar esses componentes ao fabricante para identificar a origem das restrições.

#### Testes e análises dos *servocontrols* no fabricante:

No dia 14NOV2014, foram realizadas as desmontagens e ensaios de bancada dos três *servocontrols*, a fim de efetuar análises e testar todos os seus componentes (Figuras 42 e 43).



Figura 42 - Desmontagem e análises dos *servocontrols*.



Figura 43 - Teste funcional nos *servocontrols*.

Os referidos testes foram realizados por técnicos no fabricante dos *servocontrols* (*Goodrich Actuation Systems SAS*), acompanhados pelo representante acreditado do BEA, pelo investigador encarregado e pelo elemento credenciado em manutenção da comissão de investigação.

Os *servocontrols* *Serial Number* (S/N) 952 e S/N 943 apresentaram danos característicos resultantes da consequência do impacto, devido à sobrepressão gerada no atuador. A camisa foi deformada por essa sobrepressão e o deslocamento da haste do êmbolo ficou limitado, em razão da deformação (Figuras 44 e 45).

De acordo com as análises e testes expostos pelo fabricante no documento *UTAS Report ref CE 3523*, esse fenômeno era comum nesses casos.



Figura 44 - Deformação da camisa do *servocontrol* S/N 952, devido à sobrepressão gerada no impacto.



Figura 45 - Deformação da camisa do *servocontrol* S/N 943, devido à sobrepressão gerada no impacto.

O *servocontrol* S/N 958 estava em boas condições e sem indicações que pudessem evidenciar anormalidades imediatamente antes do impacto.

#### **Teste do acumulador hidráulico:**

Como os *servocontrols* ainda estavam desligados do *swasplate* e a carga de nitrogênio dos acumuladores perto de 0bar (não recarregados), o banco hidráulico forneceu ao circuito hidráulico os 37bar de operação. O botão HYDR no console central foi pressionado, o indicador HYDR acendeu, a pressão no circuito diminuiu para 2,6bar (<4bar conforme especificado em manual).

A atuação da alavanca de entrada de cada *servocontrol* resultou num pequeno movimento antes que o dispositivo de bloqueio os colocasse em modo mecânico (provavelmente devido à pequena pressão de nitrogênio residual dentro dos acumuladores  $\approx$  0bar).

Após o reestabelecimento da pressão de nitrogênio dentro dos acumuladores para o valor especificado (11bar a 20°C), foi efetuado o mesmo ensaio:

Os *servocontrols* foram sempre desligados do *swasplate* e o banco hidráulico forneceu ao circuito hidráulico uma pressão de 37bar. O botão HYDR no console central foi pressionado, a luz de alarme HYDR acendeu-se e houve a queda de pressão no circuito para 2,6 bar (<4bar conforme especificado em manual).

A atuação da alavanca de entrada do *servocontrol* esquerdo efetuou um curso completo (para frente e para trás). O *servocontrol* frontal efetuou vários deslocamentos (para frente e para trás) de 12mm e o direito deslocamentos de 30mm, até que a pressão decresceu dentro de cada um deles e resultou nos seus bloqueios, colocando-os em modo mecânico.

Esses testes mostraram que, quando a pressão de nitrogênio era igual a 0bar dentro do acumulador, não havia reserva de assistência hidráulica para mover os *servocontrols* que operavam em modo mecânico.

O circuito HYDR funcionava corretamente e como esperado quando a pressão de nitrogênio dentro dos acumuladores estava correta, confirmando a hipótese de que as limitações de movimento eram decorrentes do impacto.

#### **Teste do corte do sistema hidráulico:**

Os *servocontrols* foram sempre desligados do *swasplate* e o banco hidráulico forneceu ao circuito uma pressão de 37bar. Os HYDR *CUT OFF* foram acionados no coletivo do piloto e, em seguida, no coletivo do copiloto.

A luz de alarme HYDR acendeu.

Os *servocontrols* foram imediatamente para o modo mecânico em razão do bloqueio de cada *servocontrol*.

O teste de corte do sistema hidráulico funcionou corretamente.

#### **Pressure switch:**

A luz de alarme HYDR apagou-se quando a pressão ultrapassou 28bar (entre 25 e 30bar), conforme especificado.

A luz de alarme HYDR acendeu-se quando a pressão caiu abaixo de 22bar (entre 25 e 20bar), conforme especificado.

#### **CENTRAL DISPLAY SYSTEM (Vehicle and Engine Multifunction Display/VEMD):**

O *Vehicle and Engine Multifunction Display* (VEMD) era uma tela multifunções que garantia a visualização dos parâmetros da aeronave e do motor em modo de voo.

Não houve perda de potência percebida pelos tripulantes durante o voo.

O voo não foi encerrado no VEMD, uma vez que o sistema não cumpriu um voo padrão devido ao acidente e a condição para fechar o voo e para exibir o *Flight Report* era um regime da turbina geradora de gases (NG) abaixo de 10% e velocidade do rotor (NR) abaixo de 70rpm. Sem um voo concluído, o *Flight Report* e o *Overlimit* não foram exibidos.

O VEMD foi removido e instalado em outra aeronave para colocá-lo de volta em condição de voo (o VEMD é considerado em condição de voo quando a NG excede 60%) e o motor foi “cortado” para atender à condição de encerramento do voo.

O voo do acidente foi identificado como o voo nº 87 (Figura 46).



Figura 46 - Voo do acidente registrado no VEMD como nº 87.

A duração do voo foi de 28 minutos, o que é consistente com os relatos dos tripulantes.

#### **Overlimit no VEMD:**

Os limites excedidos não eram datados, portanto, não foi possível saber quando esses limites foram excedidos.

Durante este voo alguns *overlimits* também foram gravados, conforme telas do VEMD a seguir:

#### **TRQ limitation exceedance (Limite de torque excedido):**

	OVER	LIMIT	87		
	TIME	LIMIT	MAX		
TRQ	000 mn 01 s	>TRQ TRA		Pg 31 + ↑ 30 - ↓ 	
	000 mn 03 s	>TRQ MED	124 %		
	000 mn 01 s	>TRQ EXT			
T4	000 mn 00 s	>T4 LOU	0000 °C		
	000 mn 00 s	>T4 MED	0000 °C		
	000 mn 00 s	>T4 HI			
NG	000 mn 00 s	>NG MNT			
	000 mn 00 s	>NG TRA	000.0 %		
NF	000 mn 00 s	>NF TRA			
	000 mn 01 s	>NF EXT	473 RPH		
NR	000	000	000	000	RPH

Figura 47 - Visualização de *Overlimit* (124%) de torque no VEMD.

Esse *overlimit* do torque foi, provavelmente, causado pelo contato das pás do rotor principal contra o solo, durante o rolamento da aeronave.

**NF (Free Turbine Speed) limitation exceedance (Limite de velocidade de rotação da turbina livre):**

OVER LIMIT			BT			
	TIME	LIMIT	MAX			
TRQ	000 mn 01 s	>TRQ TRA	124 %	P <sub>3</sub> 31 ↑ 30 ↓ 1		
	000 mn 03 s	>TRQ MED				
	000 mn 01 s	>TRQ EXT				
T4	000 mn 00 s	>T4 LOU	0000 °C	+ ↑ 30 ↓ 1		
	000 mn 00 s	>T4 MED				
	000 mn 00 s	>T4 HI				
NG	000 mn 00 s	>NG HMT	000.0 %	- ↓ 1		
	000 mn 00 s	>NG TRA				
NF	000 mn 00 s	>NF TRA	473 RPH			
	000 mn 01 s	>NF EXT				
NR	000	000	000	000	000	RPH

Figura 48 - Overlimit da rotação da turbina livre.

Esse *overlimit* de NF foi, provavelmente, consequência da ruptura do eixo que liga o motor à MGB, enquanto o motor fornecia potência à turbina livre (torque e velocidade de rotação).

De fato, instantaneamente, no momento da falha do eixo de acoplamento do motor para MGB, não houve mais potência para transmitir aos conjuntos dinâmicos e, isso pôde gerar uma aceleração significativa da turbina livre antes que o sistema reduzisse a potência.

#### **Análise do fluido hidráulico:**

Foram realizados testes no fluido hidráulico no laboratório do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA). A amostra apresentou conformidade com o previsto.

#### **Análise do combustível:**

A amostra de combustível coletada na aeronave foi analisada no laboratório do DCTA. Os exames demonstraram conformidade com as características previstas.

### **1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.**

O voo fazia parte de um treinamento de padronização de instrução de três pilotos da PRF para um curso de elevação de copilotos a comando, que ocorreria na semana seguinte.

O objetivo desse treinamento era a descrição e a padronização das manobras que seriam alvo da instrução entre os instrutores. O curso, previsto para durar duas semanas, previa o cumprimento de doze missões, além de um voo *check*.

Entre os três pilotos que participavam desse treinamento de padronização, apenas o piloto que ocupava o assento da direita, na ocasião do acidente, possuía a habilitação de INVH. O piloto do assento da esquerda e um terceiro piloto, que no voo do acidente encontrava-se na condição de observador, possuíam apenas o módulo teórico exigido para essa habilitação.

Segundo informações dos pilotos, para ser instrutor de voo da DOA-PRF à época, bastava que o tripulante tivesse realizado o Curso de Formação de Instrutor (CFI) - curso preparatório para instrução teórica, específico da PRF. Não havia, portanto, um reconhecimento formal e institucional da habilitação INVH e da sua necessidade para a função de Instrutor de Voo nas aeronaves da PRF.

O piloto (assento da direita) informou possuir experiência no treinamento de pane hidráulica, sendo a maior parte dos treinamentos efetuados no modelo Bell 407. Costumava simular, por conta própria, panes hidráulicas e treinar suas habilidades de gerenciamento dessa condição anormal mais de uma vez por mês, visando à manutenção de sua proficiência operacional.

Já o copiloto (assento da esquerda) não realizava treinamentos relacionados à pane hidráulica havia mais de um ano. Além disso, naquele período, vinha operando com maior frequência o modelo Bell 407, em missões de suporte aeromédico.

Segundo relato do copiloto, sua participação no treinamento de padronização de instrução deu-se por um pedido da nova chefia da DOA-PRF, ainda que ele não fosse habilitado INVH e nunca tivesse participado de um CFI.

Além disso, nos últimos noventa dias, o único voo realizado por ele no modelo EC-120B foi o do deslocamento da aeronave de Recife para Brasília.

O observador, sentado na parte traseira da aeronave, compunha a equipe de instrutores para o curso e estava há mais de dez meses sem operar o modelo EC-120B.

De acordo com os pilotos, a DOA não possuía um Manual Geral de Operações (MGO). Além disso, segundo informação de um dos pilotos, em meados do ano 2000, apesar da DOA ter iniciado a redação de um Programa de Instrução e Manutenção Operacional (PIMO), esse Programa não foi formalizado e, por isso, não teve sequência na organização.

A descrição dos procedimentos e manobras que seriam instruídas durante o curso de elevação de copilotos a comando foi redigida pelos três pilotos, na semana anterior ao acidente, visando ofertar um mínimo de padronização às instruções que seriam aplicadas.

À época do acidente, a DOA-PRF possuía uma média de dez instrutores de voo formados pelo CFI. No entanto, havia pilotos que, apesar de capacitados, não atuavam nessa função por não desejarem.

Como não havia na organização um MGO, as diferentes Bases de Operações Aéreas da PRF careciam da definição de Procedimentos Operacionais Padrão (POP). Era comum, para a realização de missões aéreas em diferentes localidades do país, a composição de tripulações que não eram acostumadas a voar entre si.

Constatou-se também que, no período do acidente, a DOA-PRF não possuía um Manual de Gerenciamento de Segurança Operacional (MGSO), conforme era exigido pela ANAC para as operações aéreas de Segurança Pública.

Não havia um controle da DOA-PRF sobre as condições de operacionalidade de seus tripulantes. Cada tripulante era pessoalmente responsável pela manutenção de sua proficiência operacional, não havendo qualquer responsabilidade ou incentivo da organização quanto a isso.

Os Relatórios de Prevenção (RELPREV) preenchidos à época, comumente, não evoluíam até a fase de gerenciamento e solução do risco relatado.

Observou-se também que a DOA-PRF não possuía um profissional responsável pelo controle técnico das manutenções realizadas em suas aeronaves junto à organização

contratada. A própria organização centralizava e coordenava todos os serviços que eram feitos, incluindo os materiais e peças utilizados.

Segundo relatos, na ocasião da remontagem da aeronave acidentada, ainda em Recife, PE, para o voo de traslado para Brasília, DF, por exemplo, não houve acompanhamento de nenhum profissional da DOA-PRF.

### 1.18. Informações operacionais.

A aeronave decolou às 18h30min (UTC) de SBBR, com dois tripulantes e um observador, para um voo de treinamento no Aeródromo de Luziânia (SWUZ). O tempo de voo até o momento do acidente foi de 28 minutos.

O local de treinamento (SWUZ) não dispunha de órgão de controle de tráfego aéreo.

Tratava-se de um voo para padronização de exercícios e manobras, dentre elas o treinamento de pane simulada de emergência hidráulica, visando uniformizar procedimentos, exercícios e manobras entre os três pilotos instrutores, visto que haveria aplicação na instrução de outros pilotos em um curso que seria realizado na semana seguinte.

Segundo os pilotos, foram realizados todos os cheques pré-voo previstos. O *Accumulator Check* e o *Hydraulic Pressure Check* não apresentaram anormalidades.

Em SWUZ, dois circuitos de tráfego sem o auxílio do sistema hidráulico foram treinados. O primeiro circuito de tráfego com o sistema hidráulico desligado foi concluído sem problemas ou anormalidades, tendo como *Pilot Flying* (PF) o piloto no assento da direita.

O nível de vibração da aeronave, segundo o comandante, foi considerado normal no primeiro treinamento de falha hidráulica simulada.

Após o pouso do primeiro treinamento, a *switch* de corte hidráulico foi reposicionada para posição *ON*. Os pilotos não se recordaram se o sistema foi “resetado” na LACU (*Light and Auxiliary Control Unit*) para realização do segundo treinamento a ser realizado pelo copiloto no assento da esquerda.

Durante o segundo tráfego, na perna do vento, a *switch* de corte hidráulico no comando coletivo direito foi desligada pelo comandante, no assento direito, a fim de treinar o copiloto, no assento esquerdo, agora na condição de *Pilot Flying* (PF), nos procedimentos de emergência, na pilotagem e no pouso sem o auxílio hidráulico.

Segundo relatado pelo copiloto, foi efetuada aproximação final para o centro da pista 11, sem a assistência do sistema hidráulico. Inicialmente, a velocidade da aeronave era 65kt, sendo reduzida ao longo da aproximação até a curta final.

Foi realizado o enquadramento da base e uma longa final, com uma aproximação um pouco mais baixa que o normal.

Próximo ao pouso, aproximadamente entre um e cinco metros de altura, com velocidade quase nula, quase em voo pairado, iniciou-se uma derrapagem e uma rolagem não intencional da aeronave para a esquerda.

O copiloto, no assento esquerdo, reportou que aplicou cíclico para direita, até tocar na sua perna, e comandou pedal direito para contrariar o movimento inadvertido da aeronave para esquerda. O copiloto não soube precisar se aplicou os comandos na máxima amplitude para a direita.

Entretanto, o copiloto não conseguiu parar a derrapagem e a rolagem para o lado esquerdo e passou os comandos para o piloto da direita. Segundo relatado por este piloto, imediatamente após ter recebido os comandos, iniciou-se uma forte vibração nos

comandos e no painel e um aumento da rolagem, não sendo possível contrariar a movimentação para a esquerda, causando o impacto contra o solo.

Segundo informação do copiloto, quando o piloto da direita assumiu os comandos, o helicóptero estava à esquerda do eixo central da pista, na vertical da pista de táxi (Figura 49).



Figura 49 - Ilustração do circuito de tráfego realizado em SWUZ até o impacto.

A aeronave bateu o esquí esquerdo, a guarda do rotor de cauda e tombou para a esquerda, conforme relatado pelos tripulantes.

Após a parada total, com a aeronave tombada à esquerda, foi efetuado o corte do motor pela válvula de corte (*Fuel Shut Off Valve*) e todos a bordo evacuaram o helicóptero pela porta da direita.

Segundo os tripulantes, o sistema hidráulico não foi religado em nenhum momento. Na ação inicial realizada pela equipe de investigação, foi identificado que o *switch* do hidráulico no coletivo estava na posição ligada (Figura 50).



Figura 50 - Switch Hidráulica acionada, registrada após o acidente.

A maior parte da experiência do comandante era na operação do Bell 407 da PRF. Possuía 80% das horas voadas no Bell 407 e apenas 20% das horas voadas no EC-120B.

O último voo realizado pelo comandante e pelo copiloto no EC-120B foi no dia 30ABR2014. Nesse voo, foram realizadas várias manobras, sem, entretanto, o treinamento de falha hidráulica simulada.

O comandante da aeronave, no assento da direita, possuía menos horas de voo no modelo EC-120B que o copiloto no assento da esquerda. Contudo, o comandante tinha mais horas de voo totais em helicópteros e era habilitado instrutor de voo (INVH) pela ANAC.

O copiloto possuía apenas a parte teórica da habilitação de instrutor de voo (INVH).

O comandante tinha mais quantidade de treinamentos de falha hidráulica simulada em relação ao piloto no assento da esquerda, contudo a maioria dos treinamentos foi realizada no modelo Bell 407.

No final de semana anterior ao acidente, houve uma reunião entre os instrutores para definição dos padrões de instrução e exercícios a serem treinados nos voos.

Em entrevista com o copiloto, esse relatou que antes do voo de treinamento, foi cogitado entre os instrutores a não realização do treinamento de falha hidráulica simulada. Porém, ao final, foi decidida a inclusão dessa manobra.

O observador, que seria o terceiro piloto a realizar o treinamento de falha hidráulica simulada, nunca havia realizado o voo sem auxílio do sistema hidráulico até o pouso.

A realização do voo de treinamento estava registrada no diário de bordo. Contudo, não havia documento padronizando a execução dos exercícios de treinamento, a

periodicidade de manutenção operacional, as avaliações de desempenho dos tripulantes e as características a serem observadas nos treinamentos simulados.

Foi destacado pelos tripulantes que não havia um passo a passo do padrão adotado para o treinamento de pane hidráulica na organização. Além disso, não havia um MGO oficializado.

O item 91.959 - Habilitação, Treinamento e Proficiência do Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) 91, vigente à época do acidente e aplicável ao tipo de operação do aparelho, dizia o seguinte:

91.959 - HABILITAÇÃO, TREINAMENTO E PROFICIÊNCIA

(b) Os Órgãos podem formar seus próprios tripulantes desde que possuam cursos homologados pelo DAC. Podem, ainda, formar tripulação para outros Órgãos, dentro dos cursos homologados que possuírem, mas não podem dar cursos diretamente para o público, em concorrência com escolas de aviação pertencentes à iniciativa privada ou a órgãos da administração pública indireta.

(d) É responsabilidade do Órgão estabelecer os padrões mínimos de treinamento das tripulações no que diz respeito às operações aéreas de segurança pública e/ou de defesa civil especificadas no parágrafo 91.953 (b) deste regulamento.

(e) No que diz respeito à verificação de proficiência das tripulações:

(1) cabe ao DAC os exames relativos aos padrões de proficiência estabelecidos pelo RBHA 61;

(2) cabe à organização os exames relativos à verificação dos padrões de eficiência estabelecidos segundo o parágrafo (d) desta seção.

(Port. 139/DGAC, 29/01/03; DOU 29, 10/02/03) (Por t. 899/DGAC, 01/09/05; DOU 172, 06/09/05)

A altitude do local de pouso era de 3.268ft e a temperatura era de, aproximadamente, 28°C, baseados no METAR de SBBR, aeródromo afastado 23 NM do local do acidente.

A aeronave foi abastecida em SBBR e estava com 367 litros de JET-A1. A autonomia antes da decolagem de SBBR era de quatro horas e vinte minutos.

O peso dos três ocupantes somados era de 240kg.

O peso vazio básico da aeronave era de 1.072kg.

O peso da aeronave em Brasília, considerando mais 40kg de equipamentos, era de, aproximadamente, 1.608kg.

O tempo de voo da decolagem em SBBR até o momento do acidente ficou registrado no VEMD e totalizou 28 minutos.

Com base nessa estimativa, o peso da aeronave no momento do acidente era de 1.555kg.

De acordo com o *Flight Manual EC-120B, Revision 15*, de outubro de 2010, a aeronave estava operando dentro dos limites de performance para o pouso em SWUZ, nas condições de temperatura e vento estimadas no local.

A tripulação reportou que não houve dificuldade de pilotagem no primeiro circuito de tráfego e não houve perda de potência do motor na aeronave, corroborando com os dados gravados no VEMD.

O Centro de Gravidade (CG) estava dentro dos limites estabelecidos.

Quanto à meteorologia, foi relado que o vento não estava de cauda e não interferiu na pilotagem durante os treinamentos.

Devido à ausência de serviço meteorológico no aeródromo, as condições presentes no momento do acidente foram estimadas por meio do boletim meteorológico do Aeródromo de Brasília e pelos relatos dos tripulantes, especificados no item 1.7 deste relatório.

A lista de procedimentos normais, após a partida e antes da decolagem, determinava a verificação do sistema hidráulico, da luz do sistema hidráulico no painel de alarmes, dos acumuladores hidráulicos e dos comandos de voo com o isolamento do sistema hidráulico.

Após a partida do motor, foi verificado o funcionamento e o teste do sistema hidráulico antes da decolagem de SBBR. O sistema estava normal.

Ressalta-se que o teste do hidráulico somente era realizado no primeiro voo do dia do piloto.

Quanto aos procedimentos de falha hidráulica simulada previstos/realizados, de acordo com o *Flight Manual EC-120B*, a bordo da aeronave, os procedimentos para simulação de falha no sistema hidráulico descritos na página 9-7-1 estão destacados a seguir (Figuras 51 e 52):

**4.2 TRAINING PROCEDURE**

1. [HYDR] LACU guarded pushbutton (1) ..... DEPRESS :  
**HYDR** + "GONG".
2. Hydraulic failure procedure ..... APPLY.  
See FLM SECTION 3 (§ 3.7.3).

• When HYD switch (2) on collective lever is in OFF position :

1. [HYDR] (on LACU)..... RESET.

• When on ground, or at any moment to restore hydraulic assistance :

2. HYD switch (on collective lever) ..... ON :  
**HYDR**

**CAUTION**

If the HYDR, guarded push button on the LACU is not reset  
no hydraulic assistance can be restored.

Figura 51 - *Flight Manual EC-120B Supplement*.

• **In flight :**  
 Simultaneously and smoothly :

1. **Collective..... REDUCE**
2. **Cyclic ..... SET IAS to Vy**
3. **HYD switch (on collective lever) .. OFF.**

To counter control loads :

4. **Cyclic ..... PUSH FORWARD**
5. **Collective ..... ADJUST**

**CAUTION**

**If HYD switch is not switched off on the collective lever, collective pitch may increase.**

**NOTE**

**Control loads increase with speed.**

Approach :

- perform a shallow approach then normal landing.

Figura 52 - *Flight Manual Section 3.7.3.*

De acordo com os procedimentos previstos no *Flight Manual EC-120B SUPPLEMENT* (Figura 51), o treinamento de falha hidráulica deveria ser iniciado pressionando o botão HYDR na LACU, sendo executado o *Hydraulic Failure Procedure* (Figura 52), posteriormente.

Segundo relatado pelos tripulantes, o treinamento de falha hidráulica foi iniciado pelo *HYD switch* (posição desligar) no coletivo nos dois treinamentos realizados. Não foi iniciado o treinamento acionando o botão HYDR na LACU (Figura 53).



Figura 53 - ACCU TST na LACU (*Light and Auxiliary Control Unit*).



Figura 54 - Painel de Alarme.



Figura 55 - Hydraulic Switch do comando coletivo.

Em 16MAIO2012, foi realizada pela Agência Europeia de Segurança da Aviação (EASA), uma *Operational Evaluation Board* (Avaliação Operacional do EC-120B).

No Capítulo 8 da Avaliação Operacional, destacaram-se orientações sobre treinamentos, dentre estes, o item 8.8.1 - *Pilots Training Methodology* (Metodologia para Treinamento de Pilotos) em *Simulated Hydraulic Failure* (Falha Hidráulica Simulada) (Figura 56).

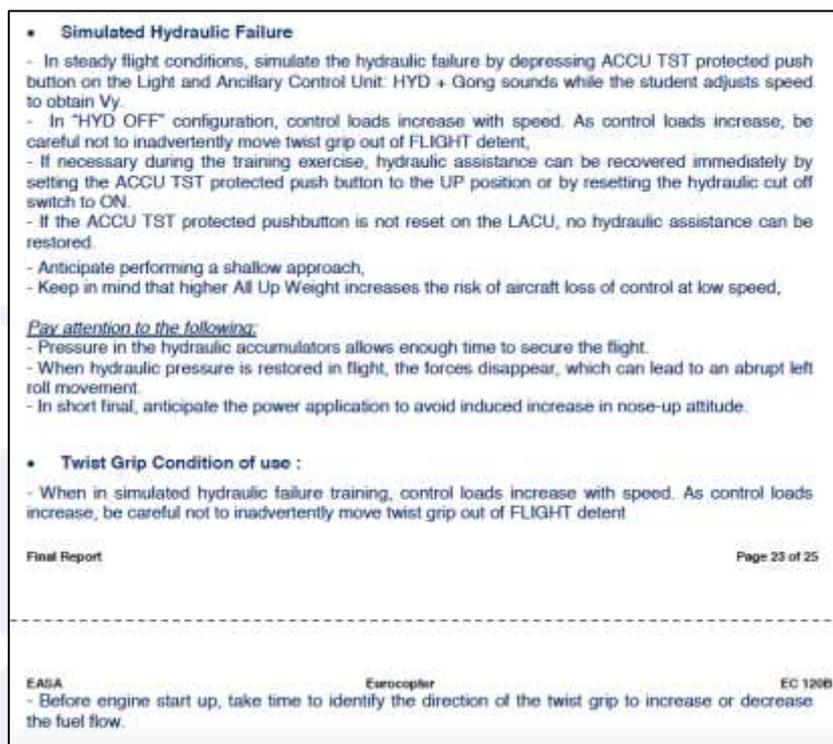


Figura 56 - Orientações de treinamento de Falha Hidráulica Simulada (EASA).

De acordo com a tradução livre do *Operational Evaluation Board*:

#### Falha Hidráulica Simulada

- em condição de voo estável, simular a falha hidráulica pressionando ACCU TST no botão protegido na LACU. A luz HYD se acende no painel de alarme e a buzina soa, enquanto o piloto em treinamento ajusta a velocidade (Vy);
- em configuração HYD OFF, as cargas de controle aumentam com a velocidade. À medida que as cargas de controle aumentam, tenha cuidado para não mover inadvertidamente o *Twist Grip* fora da posição *FLIGHT*;
- se necessário durante o exercício de treinamento, a assistência hidráulica pode ser restabelecida pelo acionamento do botão protegido ACCU TST ou reposicionando a *switch* de corte do sistema hidráulico para a posição *ON*;
- se o botão protegido ACCU TST não for "resetado" na LACU, a assistência hidráulica não será restabelecida;
- antecipe-se para realização de uma rampa baixa; e
- tenha em mente que, quanto mais alta a componente peso, maior o risco de perda de controle da aeronave a baixa velocidade.

#### Atenção:

- a pressão no acumulador hidráulico permite um tempo suficiente para garantir o voo;
- quando a pressão hidráulica é restabelecida em voo, as forças desaparecem, o que pode levar a um movimento brusco de rolagem para esquerda; e
- na curta final, antecipe-se na aplicação de potência a fim de evitar tendência de atitude cabrada.

O *Rotorcraft Flight Manual (RFM)*, da EUROCOPTER, usava os termos *CAUTION* e *NOTE* para enfatizar importância e instruções críticas para um voo seguro.

O aumento de carga nos controles de voo em caso de falha do sistema hidráulico era mencionado nas seções 3 e 7 e nos suplementos do RFM.

Na seção 3 - Procedimentos de Emergência, subitem 3.2 - Falha do Sistema, subseção 4 - Falhas do Sistema Hidráulico, estabelecia:

#### 4.2 - Main servo - control slide - valve seizure

• Acione o interruptor *HYD CUT OFF*, situado na alavanca de controle de passo coletivo, para cortar a pressão hidráulica. O aumento de carga será sentido imediatamente. O aumento de carga será maior, quanto maior a velocidade do helicóptero, com a seguinte ordem de grandeza:

- passo coletivo: aumento de carga de 20kg;
- cíclico: 7 a 4kg de carga cíclica à esquerda;
- cíclico: 2 a 4kg de carga cíclica para frente;
- pedais de guinada: praticamente sem carga em voo de cruzeiro; e
- reduza a velocidade para 60kt e proceda como no caso da luz *HYDR* acesa.

Quanto à aproximação e pouso sem assistência hidráulica, as Seções 7 - Descrição e Sistemas e 4 - Operações anormais, declaravam o seguinte:

Para a perda de pressão hidráulica, a uma velocidade entre 40 e 60kt, a força lateral necessária para empurrar o cíclico para a esquerda é de cerca de 4daN (9 libras). A força longitudinal necessária para empurrar a alavanca cíclica para frente é de cerca de 5daN (11 libras).

Durante um pouso sem pairado, a cerca de 10kt, o piloto pode enfrentar forças longitudinais de até 17daN (37 libras) por menos de 30 segundos, com baixas forças laterais.

### 1.19. Informações adicionais.

O anexo à Resolução nº 106, de 30JUN2009, alterada pela Resolução nº 234, de 30MAIO2012 e Resolução nº 240, de 30DEZ2012 previa:

1.2. O SGSO descrito neste documento deve ser adotado pelos pequenos provedores de serviço da aviação civil (P-PSAC), definidos conforme 1.3, desde que um SGSO não seja requerido por um processo de certificação desses P-SAC.

1.3. Os P-PSAC são sociedades empresárias, sociedades simples ou associações, ou entidades da administração pública direta ou indireta, em qualquer esfera de governo.

São considerados P-PSAC:

- (a) os operadores de aeronaves que executem serviços aéreos especializados;
- (b) os operadores aéreos de Segurança Pública e/ou de Defesa Civil (regidos pela Subparte K do RBHA/RBAC 91).

A Comissão de Investigação não identificou a aplicação dos conceitos relacionados ao Gerenciamento de Recursos de Cabine (CRM).

### 1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

## 2. ANÁLISE.

Da decolagem de SBBR até o acidente em SWUZ, o voo teve duração de 28 minutos. Nesse período, foi executado pelo comandante, no assento da direita, um circuito de tráfego e pouso com falha hidráulica simulada.

Os procedimentos e cheques do sistema hidráulico antes da decolagem em SBBR foram executados conforme previsto pelo fabricante. Não foram identificadas anormalidades nos referidos cheques.

O local de treinamento (SWUZ) não dispunha de órgão de controle de tráfego aéreo e de serviço meteorológico para as condições de tempo presentes na localidade, principalmente a informação de direção e intensidade do vento, para o processo decisório na aterragem.

Contudo, a informação de intensidade do vento no aeroporto de Brasília, distante 24 NM de SWUZ, indicava vento calmo.

O comandante relatou que o vento estava calmo no circuito de tráfego realizado no treinamento que antecedeu o acidente. Dessa forma, concluiu-se que esse fator não contribuiu para a ocorrência.

O primeiro tráfego e pouso, sem o auxílio do sistema hidráulico, foi realizado com sucesso pelo comandante. Não houve reporte de vibração anormal ou dificuldade de controle do helicóptero nesse treinamento.

Durante o segundo tráfego, na perna do vento, o *hidraulic switch* no comando coletivo direito foi desligado pelo comandante, a fim de treinar o copiloto, no assento esquerdo, na condição de *Pilot Flying* (PF).

De acordo com o item 4.2 *Training Procedure* do FLM EC-120B *Supplement*, a sequência do procedimento previsto pelo fabricante estabelecia que o desligamento HYDR devia ser realizado pelo botão de guarda protegida na LACU e, em seguida, determinava a execução do *Hidraulic Failure Procedure*, conforme FLM seção 3.7.3.

De acordo com os relatos, a sequência dos procedimentos para realização do treinamento de falha hidráulica simulada pelos tripulantes foi diferente do previsto no manual da aeronave.

Entretanto, não foi possível estabelecer com precisão uma relação de causa e efeito entre a sequência diferenciada dos procedimentos realizados pelos pilotos em relação ao previsto em manual, com a forte vibração e a perda de controle na final para pouso.

Quando se mudava o interruptor HYDR para a posição *OFF* no coletivo, os acumuladores dos *servocontrols* eram ignorados (*by-passed*) e a pressão hidráulica no interior do acumulador não estaria disponível para produzir assistência a fim de atingir a velocidade de segurança (velocidade em que as cargas de controle para manobrar o rotor principal são baixas).

Não há outra consequência na ação de desligar o interruptor do coletivo para a simulação. Portanto, não foi possível correlacionar a ação incorreta nos procedimentos da simulação com a perda de controle em voo próximo ao pouso.

No segundo treinamento, semelhante ao primeiro, foi efetuada aproximação final para o centro da pista 11 (SWUZ), sem a assistência do sistema hidráulico. Inicialmente, a velocidade da aeronave era de 65kt na perna do vento, sendo reduzida ao longo da aproximação até a curta final.

Na curta final para pouso, aproximadamente entre um e cinco metros de altura, com velocidade quase nula (quase voo pairado), iniciou-se derrapagem e rolagem não intencional da aeronave para a esquerda.

O copiloto no assento da esquerda, que voava na condição de *Pilot Flying* (PF), atuou nos comandos de cíclico e pedal, mas não conseguiu interromper a tendência de rolamento e guinada à esquerda.

Na passagem emergencial dos comandos do helicóptero para o comandante no assento da direita, a condição de derrapagem e rolagem já estava em curso, e uma forte vibração nos comandos e no painel foi sentida pelos tripulantes. Possivelmente, o ponto de irreversibilidade do acidente já tinha sido ultrapassado no momento da passagem do comando do helicóptero.

A falta de interação entre os tripulantes, exemplificada pela passagem abrupta dos comandos, demonstrou ineficiente aproveitamento dos recursos humanos disponíveis para operação da aeronave, em virtude de um gerenciamento inadequado das tarefas afetas a cada tripulante.

Em relação à preparação entre o primeiro e o segundo exercício de falha hidráulica simulada, após o pouso do primeiro treinamento, a tripulação não recordou se efetuou o *reset* no HYDR na LACU. Caso esse *reset* não tivesse sido realizado, o sistema não teria sido restabelecido conforme o previsto, de acordo com FMC EC-120B *Supplement, Caution*.

Segundo os pilotos, o sistema hidráulico não foi religado no momento da tendência inadvertida para esquerda, pois julgaram o reestabelecimento do sistema hidráulico naquelas condições uma transição perigosa. Entretanto, o *switch* hidráulico no coletivo estava com a guarda baixada, ou seja, ligado.

Existe a possibilidade de ter ocorrido a movimentação inadvertida do *switch* para posição “ligado” no momento da evacuação dos tripulantes após o acidente.

Apesar de o copiloto, sentando na esquerda, possuir mais horas de voo naquele modelo de aeronave em relação ao comandante, sentando na direita, esse último possuía maior experiência na reprodução de falha hidráulica simulada em outros modelos, incluindo o Bell 407.

Essa experiência do comandante foi adquirida informalmente pelas iniciativas de simulações que ele, pessoalmente, resolvia fazer, tendo em vista que a PRF não possuía um manual de operações e nem de instrução que pudesse instituir a forma como esse treinamento deveria acontecer.

Além disso, o copiloto, no assento da esquerda, não realizava treinamentos relacionados à pane hidráulica há mais de um ano, e vinha operando com mais frequência o modelo Bell 407, em missões de suporte aeromédico.

Adiciona-se o fato de ter realizado apenas um voo de traslado, de Recife para Brasília, nesse modelo, nos últimos noventa dias.

Receoso de que um novo acidente ocorresse com a aeronave durante o período de instrução no curso, tal como ocorrido em ocasião anterior na PRF, o copiloto não era favorável ao treinamento relacionado à pane do sistema hidráulico, considerando a complexidade do exercício e a possibilidade de que o mesmo se tornasse uma pane real.

Dessa forma, é possível que a motivação e a autoconfiança do copiloto para a participação naquele treinamento estivessem baixas.

Ainda que ele fosse considerado um piloto experiente no modelo EC-120B, permaneciam lacunas quanto à manutenção de proficiência na operação do referido modelo, no tipo de pane que estava sendo simulada e nos níveis de confiança e segurança que ele sustentava para realizar o exercício proposto.

Tais lacunas deram indicativos de que o piloto em questão ainda necessitava de um período maior para sua readaptação à operação do modelo e para a aplicação de instrução a copilotos que seriam elevados à função de comando.

Assim, não foi possível descartar a hipótese de que o copiloto tenha sido submetido a um contexto operacional com exigências cognitivas e psicomotoras para o qual ele ainda não estava totalmente readaptado.

O treinamento de pane hidráulica simulada era considerado de alta complexidade e, nesse caso, é possível que as exigências e especificidades operacionais para a manobra treinada tenham extrapolado a sua atual capacidade operacional para reproduzi-la e gerenciá-la.

Trata-se de um contexto cuja observação, análise e gerenciamento pela organização seria de vital importância. No entanto, a solicitação para participação do referido piloto no treinamento partiu da própria chefia da DOA-PRF, o que denotou falhas no processo de acompanhamento quanto às condições de operacionalidade desse piloto.

A análise desse cenário permitiu supor, hipoteticamente, os motivos que teriam levado o copiloto a transmitir subitamente o comando da aeronave ao comandante no assento da direita, após a constatação da pane real.

Tendo em vista a maior familiarização do comandante no treinamento do tipo de pane que era simulada no momento e na sua recém-conclusão, bem-sucedida, de um pouso sem a atuação do sistema hidráulico, era factível supor que ele demonstraria maior segurança e habilidade para o gerenciamento da condição anormal apresentada.

Entretanto, o fato de o comandante não estar acompanhando as atitudes em voo do copiloto quando este se encontrava na condição de *Pilot Flying (PF)*; de não perceber que a tendência da aeronave para a esquerda significava uma condição de pane real; e de receber de forma repentina o comando da aeronave, sem entender precisamente o que acontecia, foram fatores que, possivelmente, condicionaram a sua assunção do voo sob níveis baixos de consciência situacional.

A partir daquele momento, com a forte vibração que a aeronave passou a apresentar, os pilotos já não conseguiam visualizar também as informações do painel. Isso prejudicou ainda mais a percepção precisa dos fatores e condições que afetavam a operação da aeronave e o julgamento da ação mais adequada diante da condição anormal vivenciada.

Devido ao relato dos pilotos, referente à forte vibração próxima ao solo durante o pouso e a tendência de rolagem e derrapagem para o lado esquerdo, a Comissão de Investigação realizou pesquisas e testes, principalmente nos conjuntos dinâmicos, nos controles de voo, circuito hidráulico, *servocontrol* e VEMD (para análise de desempenho do motor).

O exame dos destroços da aeronave e o teste realizado no circuito hidráulico não permitiram identificar qualquer restrição, discrepância, falha ou dano nos conjuntos dinâmicos, controle de voo, circuito hidráulico e *servocontrols*, que pudessem explicar forte vibração e derrapagem incontrolável para esquerda.

A leitura do VEMD confirmou que as falhas relevantes relacionadas com o voo foram registradas durante a sequência de colisão e que não foi registrada nenhuma falha pré-colisão. Os limites excedidos registrados no VEMD, durante o voo, também foram consistentes com o que foi observado nos destroços, como resultado do impacto das pás do rotor principal contra o solo.

Dessa forma, a Comissão de Investigação concluiu que a aeronave e seus sistemas estavam operacionais e que não houve contribuição desse fator para a ocorrência em

tela. No entanto, verificou-se que a PRF não possuía um profissional responsável pelo controle técnico das manutenções realizadas em suas aeronaves junto à organização contratada para isso.

A própria organização contratada centralizava e coordenava todos os serviços que eram feitos, incluindo os materiais e peças utilizados.

Segundo relatos, na ocasião da remontagem da aeronave acidentada, ainda em Recife, PE, para o voo de traslado para Brasília, DF, por exemplo, não houve acompanhamento de nenhum profissional da DOA-PRF.

Apesar de não ter contribuído para a ocorrência, a Comissão considerou essa prática uma falha latente dentro da área de manutenção da DOA-PRF.

Quanto à análise do aspecto operacional, não havia padronização balizando a execução dos exercícios de treinamento, a periodicidade de manutenção operacional de cada treinamento, as avaliações de desempenho dos tripulantes e as características a serem observadas nos treinamentos simulados.

A falta de documentos balizadores para a instrução e manutenção operacional, tais como MGO, PIMO, POP, mostrou-se como uma falha latente, presente na organização, e que contribuiu para a ineficiência na gestão de pessoas e processos, incluindo o suporte organizacional.

A DOA-PRF não só não ofertou esse sistema de apoio, como também transmitiu sua responsabilidade, como organização, a três pilotos que não participavam de programas formais de treinamento e não eram acompanhados quanto à sua proficiência operacional.

A PRF entendia ser esta uma responsabilidade pessoal de cada tripulante, não havendo, por parte da instituição, qualquer responsabilidade ou incentivo, ainda que tal proficiência fosse de interesse para o cumprimento de sua missão.

Os procedimentos e manobras que seriam instruídos durante o curso de elevação de copilotos a comando foram redigidos pelos três pilotos envolvidos no acidente, na semana anterior à ocorrência, visando ofertar um mínimo de padronização às instruções que seriam aplicadas.

Ainda que os três pilotos envolvidos tenham se empenhado em descrever e padronizar os exercícios a serem treinados no curso, assim o fizeram visando suprir uma lacuna existente na organização, qual seja, a ausência de documentação destinada a orientar as operações aéreas da PRF.

Isso levou a falhas no acompanhamento, supervisão, avaliação de desempenho e delineamento de procedimentos organizacionais importantes para a manutenção da segurança operacional.

Dessa forma, a não disponibilização de um conjunto de normas, manuais e publicações para que os tripulantes desempenhassem suas funções, denotou uma fragilidade dos sistemas de apoio da organização, que pode ter contribuído para a ocorrência.

A participação em programas de capacitação e treinamento continuado permite aos pilotos a manutenção dos conhecimentos, habilidades e atitudes necessárias ao desempenho eficaz em voo, bem como o aperfeiçoamento da sua capacidade de julgamento, decisão e estabilidade emocional, fundamentais para uma reação rápida e adequada perante uma condição adversa.

Em uma situação real de emergência, a falta do treinamento regular pode expor os tripulantes à apresentação de níveis de desempenho insuficientes, principalmente em virtude do alto índice de estresse e ansiedade provocados, que são sensações

suficientemente capazes de propor uma evocação falha da memória pelo piloto, um retardo nas suas respostas cognitivas e motoras ou mesmo o erro humano.

Nesse sentido, a ausência da participação dos pilotos em um programa formal e periódico de treinamento e a falta de acompanhamento da proficiência operacional dos pilotos pela organização favoreceram atitudes inadequadas tanto para a configuração da aeronave para o treinamento, considerando a possibilidade da não realização do *reset* no HYDR na LACU para o segundo exercício, quanto para o gerenciamento eficaz da condição anormal apresentada.

Ainda, tendo em vista que o copiloto estava há mais de um ano sem realizar, mesmo que informalmente, treinamento relacionado à pane hidráulica, e que, nos últimos noventa dias, realizou apenas um voo de traslado de Recife para Brasília, no modelo acidentado, é possível que sua capacidade operacional para gerenciar a condição anormal apresentada estivesse aquém das condições exigidas pela situação no momento, levando-o a transmitir o comando da aeronave ao comandante no assento da direita.

Os fatos analisados denotaram uma sequência de decisões, críticas à segurança de voo, que corroboraram a existência de uma cultura organizacional frágil, capaz de viabilizar a predominância de uma missão em detrimento das condições de segurança para realizá-la, sobretudo no que tange ao suporte organizacional.

Além da ausência das previsões formais de treinamento e de manutenção de proficiência dos seus tripulantes, a DOA-PRF também não possuía à época um MGSO, contrariando, inclusive, uma exigência da própria Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

Esse fato, apesar de não exibir uma relação direta de causa e efeito no momento da pane, refletiu a informalidade da cultura organizacional da instituição, ainda carente de uma cultura de segurança operacional efetiva.

Essa carência também indicou um baixo comprometimento da organização com o gerenciamento dos riscos possíveis e presentes nas suas atividades, representando uma condição latente potencialmente capaz de reduzir as margens de segurança das suas operações, tal como observado pela análise do contexto operacional da ocorrência em tela.

### **3. CONCLUSÕES.**

#### **3.1. Fatos.**

- a) os pilotos estavam com os Certificados Médicos Aeronáuticos (CMA) válidos;
- b) o piloto estava com as habilitações de aeronave tipo BH07, EC20 e Instrutor de Voo - Helicóptero (INVH) válidas;
- c) o copiloto estava com a habilitação de aeronave tipo BH07 válida e habilitação de aeronave tipo EC20 vencida desde de março de 2014;
- d) o comandante estava qualificado e possuía experiência no tipo de voo;
- e) o copiloto não estava qualificado e possuía experiência 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) as escriturações das cadernetas de célula e motor estavam atualizadas;
- i) a aeronave ficou fora do voo entre os dias 26OUT2013 e 15ABR2014, estocada em Recife, PE, aguardando peças para retorno à linha de voo;

- j) não houve reporte de vibração anormal ou dificuldade de controle do helicóptero no primeiro treinamento realizado;
- k) a sequência dos procedimentos para realização do treinamento de falha hidráulica simulada pelos tripulantes foi diferente do previsto no manual da aeronave;
- l) no despacho da aeronave no dia do acidente, não havia reportes de panes;
- m) não havia problemas técnicos na aeronave antes da ocorrência;
- n) não foram identificadas limitações e restrições de curso pré-impacto dos *servocontrols*;
- o) a aeronave colidiu contra o solo a 35m da lateral esquerda da cabeceira 11 de SWUZ;
- p) a aeronave teve danos substanciais; e
- q) todos os ocupantes saíram ilesos.

### 3.2. Fatores contribuintes.

#### - **Aplicação dos comandos - contribuiu.**

O piloto no assento da esquerda estava há mais de um ano sem realizar, ainda que informalmente, treinamento relacionado à pane hidráulica simulada, e havia realizado, nos últimos noventa dias, apenas um traslado de Recife para Brasília no modelo EC-120B.

Dessa forma, inferiu-se que sua capacidade operacional para gerenciar a condição anormal apresentada estava aquém das condições exigidas pela situação no momento, o que contribuiu para que a aeronave entrasse numa situação de incontrolabilidade, mesmo após a passagem dos comandos para o piloto instrutor.

#### - **Atitude - indeterminado.**

A autoconfiança do copiloto para a realização do treinamento de simulação de pane hidráulica estava rebaixada, em razão de sua insegurança para reproduzi-la, o que pode ter favorecido a inadequada aplicação de comandos e um conseqüente gerenciamento ineficaz da condição anormal apresentada.

#### - **Capacitação e Treinamento - contribuiu.**

A ausência da participação dos pilotos em um programa formal e periódico de treinamento contribuiu para a emissão de respostas cognitivas e motoras inadequadas da tripulação, tanto para a realização do exercício simulado quanto para o gerenciamento eficaz da condição anormal apresentada.

#### - **Características da tarefa - indeterminado.**

Diante da complexidade do treinamento de pane hidráulica simulada, é possível que as exigências e especificidades operacionais para a manobra treinada tenham extrapolado a capacidade operacional da tripulação para reproduzi-la e gerenciá-la.

#### - **Coordenação de cabine - contribuiu.**

Houve ineficiência no aproveitamento dos recursos humanos disponíveis para operação da aeronave, em virtude de um gerenciamento inadequado das tarefas afetas a cada tripulante, exemplificado pela passagem abrupta dos comandos de voo e falhas na comunicação, durante o exercício de pane hidráulica simulada, o que contribuiu para o desfecho da ocorrência.

#### - **Cultura organizacional - contribuiu.**

A ausência de documentos básicos que orientassem o exercício da atividade aérea na PRF, tais como MGSO, PIMO e POP e garantissem a padronização das operações aéreas na instituição, sinalizaram a existência de uma cultura organizacional frágil com relação à manutenção da segurança de voo, o que favoreceu a realização de um treinamento sem o suporte organizacional mínimo necessário à tripulação.

- **Percepção - indeterminado.**

A baixa percepção para reconhecer a condição anormal em que a aeronave se encontrava, pode ter levado o piloto a uma redução da sua consciência situacional, interferindo no adequado gerenciamento da emergência.

Somou-se a isso a passagem do comando da aeronave, pelo copiloto, de forma abrupta.

- **Processo decisório - indeterminado.**

A ausência do suporte organizacional para a realização do treinamento, aliada à baixa motivação, autoconfiança e capacidade operacional do copiloto para simulação da pane hidráulica, pode ter concorrido para que a tripulação utilizasse uma quantidade de tempo maior que a necessária para identificação da condição anormal e decisão sobre como gerenciá-la.

- **Processos organizacionais - contribuiu.**

A ausência de procedimentos organizacionais que orientassem o treinamento periódico, assim como o acompanhamento e a supervisão dos níveis de proficiência operacional dos pilotos favoreceram a submissão destes a um contexto operacional para o qual eles não estavam totalmente preparados e suficientemente treinados.

- **Sistemas de apoio - indeterminado.**

A falta de um MGSO, PIMO, ou mesmo a formalização de procedimentos operacionais padrão, os quais deveriam funcionar como sistemas de apoio às operações aéreas da instituição, pode ter prejudicado os tripulantes no desempenho de suas funções.

- **Supervisão gerencial - contribuiu.**

Não havia um controle da DOA sobre as condições de operacionalidade de seus tripulantes. O piloto no assento da esquerda estava com a habilitação de aeronave tipo EC20 vencida.

Cada tripulante era pessoalmente responsável pela manutenção de sua proficiência operacional, não havendo qualquer supervisão ou incentivo da organização.

#### **4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA**

*Proposta de uma autoridade de investigação de acidentes com base em informações derivadas de uma investigação, feita com a intenção de prevenir ocorrências aeronáuticas e que em nenhum caso tem como objetivo criar uma presunção de culpa ou responsabilidade. Além das recomendações de segurança decorrentes de investigações de ocorrências aeronáuticas, recomendações de segurança podem resultar de diversas fontes, incluindo atividades de prevenção.*

*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-090/CENIPA/2014 - 01****Emitida em: 29/01/2019**

Atuar junto ao Departamento de Polícia Rodoviária Federal, a fim de que aquele operador avalie a pertinência de adotar, a despeito da não obrigatoriedade pela legislação em vigor, mecanismos que permitam o acompanhamento da proficiência operacional e o controle das habilitações técnicas e das qualificações dos tripulantes que operam suas aeronaves.

**A-090/CENIPA/2014 - 02****Emitida em: 29/01/2019**

Atuar junto ao Departamento de Polícia Rodoviária Federal, a fim de que aquele operador avalie a pertinência de adotar, a despeito da não obrigatoriedade pela legislação em vigor, de um programa de instrução e manutenção operacional padronizado e adequado a cada modelo de aeronave operada, contemplando a formação inicial e o treinamento regular, de forma a prover e manter a proficiência dos tripulantes.

**A-090/CENIPA/2014 - 03****Emitida em: 29/01/2019**

Atuar junto ao Departamento de Polícia Rodoviária Federal, a fim de que aquele operador mantenha e, continuamente, adeque um Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO) e um Manual de Gerenciamento da Segurança Operacional (MGSO), de acordo com a realidade atual da organização.

**A-090/CENIPA/2014 - 04****Emitida em: 29/01/2019**

Atuar junto ao Departamento de Polícia Rodoviária Federal, a fim de que aquele operador avalie a pertinência de aprimorar e tornar periódicos os treinamentos de CRM oferecidos a seus tripulantes, sobretudo no que diz respeito às padronizações necessárias à manutenção da segurança operacional nas atividades de instrução.

**A-090/CENIPA/2014 - 05****Emitida em: 29/01/2019**

Atuar junto ao Departamento de Polícia Rodoviária Federal, a fim de que aquele operador aprimore suas atividades de prevenção de ocorrências aeronáuticas, estabelecendo protocolos, responsabilidades e atribuições para o planejamento e a execução das tarefas relacionadas à segurança operacional.

**A-090/CENIPA/2014 - 06****Emitida em: 29/01/2019**

Atuar junto ao Departamento de Polícia Rodoviária Federal, a fim de que aquele operador aperfeiçoe seus mecanismos administrativos e operacionais de recebimento e verificação dos serviços de manutenção executados em suas aeronaves por pessoas ou organizações contratadas com essa finalidade.

**5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.**

Foram realizadas duas Vistorias de Segurança de Voo (VSV) na DOA-PRF pelo SERIPA VI, em junho de 2014. As oportunidades de melhorias para segurança das operações, identificadas nas vistorias, foram apontadas para a chefia da DOA-PRF.

Foi ministrado um curso de Gerenciamento de Recursos de Cabine (CRM) para as unidades aéreas da DOA/PRF, em setembro de 2014.

Em, 29 de janeiro de 2019.

