COMANDO DA AERONÁUTICA

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS

RELATÓRIO FINAL
A - 524/CENIPA/2016

OCORRÊNCIA:	**ACIDENTE**
AERONAVE:	**PR-IME**
MODELO:	**S-76A**
DATA:	**29DEZ2008**

ADVERTÊNCIA

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

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

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

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

Este relatório não recorre a quaisquer procedimentos de prova para apuração de responsabilidade no âmbito administrativo, civil ou criminal; estando em conformidade com o item 3.1 do "attachment E" do Anexo 13 "legal guidance for the protection of information from safety data collection and processing systems" da Convenção de Chicago de 1944, recepcionada pelo ordenamento jurídico brasileiro por meio do Decreto n º 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 aeronáutico com a aeronave PR-IME, modelo S-76A, ocorrido em 29DEZ2008, classificado como “fogo em voo”.

Durante a corrida de decolagem os pilotos perceberam variações nos parâmetros da aeronave e decidiram abortar o procedimento, efetuando um pouso corrido.

Após a parada da aeronave, a tripulação percebeu a presença de fumaça proveniente da região da transmissão principal e dos motores e comandou o corte destes, seguido do desembarque dos passageiros.

A aeronave teve danos substanciais.

Os ocupantes saíram ilesos.

Houve a designação de Representante Acreditado do *National Transportation Safety Board* (NTSB) - USA, Estado de fabricação da aeronave.

ÍNDICE

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS 5

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS. 6

1.1. Histórico do voo. 6
1.2. Lesões às pessoas. 6
1.3. Danos à aeronave. 6
1.4. Outros danos. 6
1.5. Informações acerca do pessoal envolvido. 6
1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes. 6
1.5.2. Formação. 7
1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações. 7
1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo. 7
1.5.5. Validade da inspeção de saúde. 7
1.6. Informações acerca da aeronave. 7
1.7. Informações meteorológicas. 7
1.8. Auxílios à navegação. 7
1.9. Comunicações. 7
1.10. Informações acerca do aeródromo. 7
1.11. Gravadores de voo. 8
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços. 8
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas. 8
1.13.1. Aspectos médicos. 8
1.13.2. Informações ergonômicas. 8
1.13.3. Aspectos Psicológicos. 8
1.14. Informações acerca de fogo. 8
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave. 9
1.16. Exames, testes e pesquisas. 9
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento. 13
1.18. Informações operacionais. 13
1.19. Informações adicionais. 14
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação. 14

2. ANÁLISE. 14

3. CONCLUSÃO. 16

3.1. Fatos. 16
3.2. Fatores contribuintes. 17

4. RECOMENDAÇÃO DE SEGURANÇA 17

5. AÇÃO CORRETIVA OU PREVENTIVA JÁ ADOTADA. 18

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

AC GEN	*Alternate Current Generator* - Gerador de Corrente Alternada
AFCS	*Automatic Flight Control System* - Sistema de Controle Automático de Voo
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CG	Centro de Gravidade
CHT	Certificado de Habilitação Técnica
CCF	Certificado de Capacidade Física
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
FAA	*Federal Aviation Administration*
IFR	*Instrument Flight Rules* - Regras de voo por instrumentos
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
IAE	Instituto de Aeronáutica e Espaço
Lat	Latitude
Long	Longitude
NTSB	*National Transportation Safety Board*
PCH	Piloto Comercial - Helicóptero
PLAH	Piloto de Linha Aérea - Helicóptero
PPH	Piloto Privado - Helicóptero
RBAC	Regulamento Brasileiro de Aviação Civil
RS	Recomendação de Segurança
SBJR	Indicativo de Localidade - Aeródromo de Jacarepaguá
SBME	Indicativo de Localidade - Aeródromo de Macaé
SESCINC	Serviço de Prevenção, Salvamento e Combate a Incêndios em Aeródromos Civis
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
TPX	Serviços de Transporte Público Não-Regular
UTC	*Universal Time Coordinated* - Tempo Universal Coordenado
VFR	*Visual Flight Rules* - Regras de voo visual

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	**Modelo:** S-76A **Matrícula:** PR-IME **Fabricante:** *Sikorsky*	**Operador:** Atlas Táxi Aéreo Ltda.
Ocorrência	**Data/hora:** 29DEZ2008 / 10:30 (UTC) **Local:** Aeroporto de Macaé **Lat.** 22º20'34"S **Long.** 041º45'50"W **Município – UF:** Macaé - RJ	**Tipo(s):** Fogo em voo **Subtipo(s):** NIL

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Aeroporto de Macaé (SBME), RJ, com destino a plataforma P-12, às 10h30min (UTC), a fim de realizar um voo de transporte de pessoal, com dois pilotos e sete passageiros a bordo. Durante a decolagem sobre a pista, os pilotos perceberam variações nos parâmetros da aeronave e decidiram abortar a decolagem, efetuando um pouso corrido.

Após a parada da aeronave, foi notada a presença de fumaça proveniente da região da transmissão principal. A tripulação comandou o corte dos motores, seguido do desembarque dos passageiros. Decorridos três minutos após o desembarque, ocorreu o aumento das chamas, o qual foi extinto pelo serviço de resgate e combate ao fogo do aeródromo.

1.2. Lesões às pessoas.

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	-	-	-
Graves	-	-	-
Leves	-	-	-
Ilesos	2	7	-

1.3. Danos à aeronave.

A aeronave teve danos substanciais em seu sistema elétrico, nos componentes localizados no *Upperdeck* (conjunto do rotor principal, transmissão principal, motores e acessórios), no revestimento interno da cabine de passageiros, nos assentos traseiros e danos estruturais na região entre o último assento de passageiros e o bagageiro da aeronave (entre as estações 188 e 255), devido à alta temperatura.

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	10.500:00	1.800:00
Totais, nos últimos 30 dias	76:00	76:00
Totais, nas últimas 24 horas	06:00	06:00
Neste tipo de aeronave	8.000:00	1.237:00
Neste tipo, nos últimos 30 dias	76:00	76:00
Neste tipo, nas últimas 24 horas	06:00	06:00

Obs.: Os dados relativos às horas voadas foram fornecidos pelos pilotos.

1.5.2. Formação.

O piloto realizou o curso de Piloto Privado – Helicóptero (PPH) em 1970.

O copiloto realizou o curso de Piloto Privado – Helicóptero (PPH) em 2000.

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

O piloto possuía a licença de Piloto de Linha Aérea – Helicóptero (PLAH) e estava com as habilitações técnicas de aeronave tipo SK76 e Voo por Instrumentos – Helicóptero (IFRH) válidas.

O copiloto possuía a licença de Piloto Comercial – Helicóptero (PCH) e estava com as habilitações técnicas de aeronave tipo SK76 e Voo por Instrumentos – Helicóptero (IFRH) válidas.

1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

Os pilotos estavam qualificados e possuíam experiência no tipo de voo.

1.5.5. Validade da inspeção de saúde.

Os pilotos estavam com os Certificados de Capacidade Física (CCF) válidos.

1.6. Informações acerca da aeronave.

A aeronave, com número de série 760178, foi fabricada pela *Sikorsky Aircraft Corporation*, em 1981, e estava registrada na categoria de Serviços de Transporte Público Não Regular (TPX).

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

As cadernetas de célula, motores e rotores estavam com as escriturações atualizadas.

A última inspeção da aeronave, do tipo “25/150 horas”, foi realizada em 21DEZ2008 pela oficina ATLAS Táxi Aéreo, no Aeroporto de Jacarepaguá (SBJR), RJ, estando com 14 horas e 15 minutos voadas após a inspeção.

A maior e mais abrangente inspeção de célula, do tipo “3.000 horas”, foi realizada em 05NOV2006, pela oficina ATLAS Táxi Aéreo, no Aeroporto de Jacarepaguá (SBJR), RJ, estando com 2.518 horas e 30 minutos voadas após esta inspeção.

1.7. Informações meteorológicas.

As condições eram favoráveis ao voo visual.

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 pela INFRAERO e operava VFR (voo visual) e IFR (voo por instrumentos), em período diurno e noturno.

A pista era de asfalto, com cabeceiras 06/24, dimensões de 1.200m x 30m, com elevação de 7 pés.

O aeroporto possuía condições de realizar operações de salvamento e combate a incêndio em situações de acidentes aeronáuticos, bem como de atender aos critérios regulatórios estabelecidos na legislação, visando à operação e a manutenção do Serviço de Prevenção, Salvamento e Combate a Incêndios em Aeródromos Civis (SESCINC).

1.11. Gravadores de voo.

Não requeridos e não instalados.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

O acidente ocorreu durante a decolagem da aeronave e a tripulação efetuou o pouso corrido sobre a pista de SBME.

Durante a Ação Inicial, os investigadores encontraram uma mangueira hidráulica da linha de pressão, instalada na região do *Upperdeck*, modelo SS48C2165000, com sua conexão superior frouxa.

Essa mesma mangueira hidráulica, juntamente com a mangueira hidráulica da linha de retorno, modelo SS42CO2A160000, foram encontradas com danos nas “childragens” de aço (Figura 1).

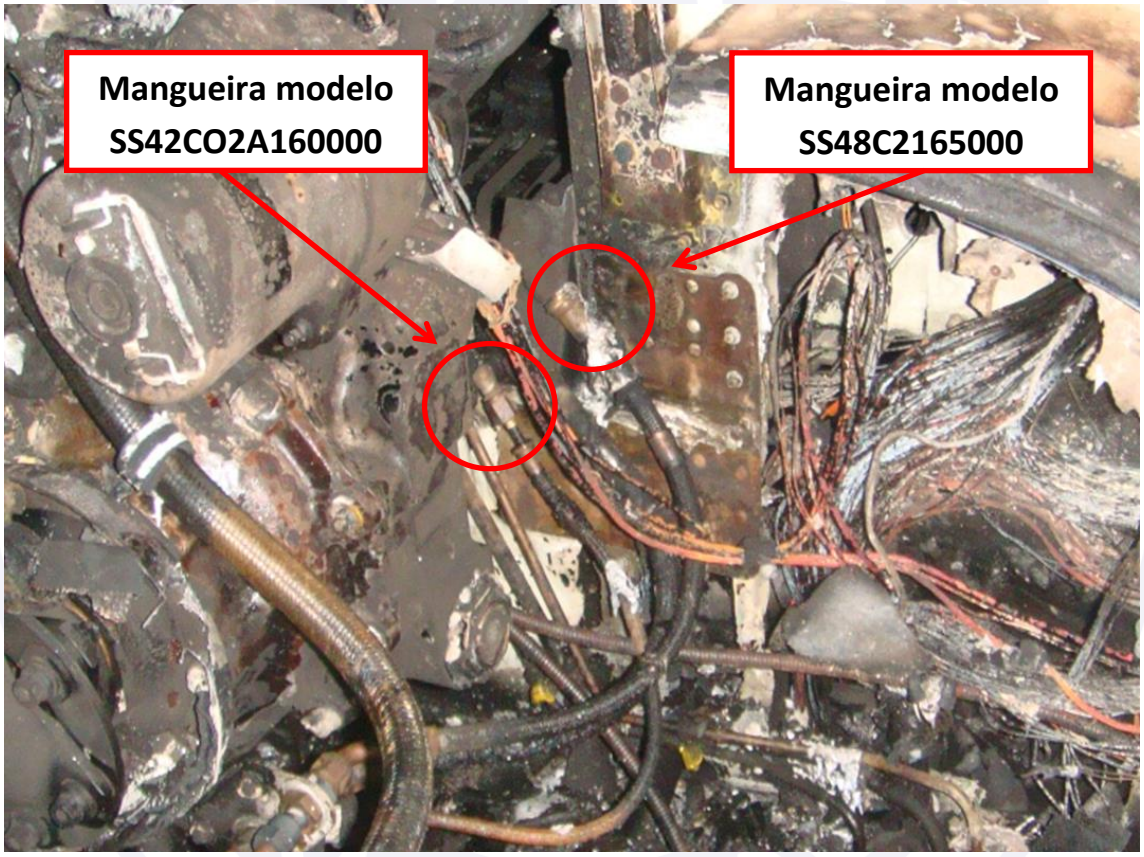

Figura 1 – Mangueiras com danos.

1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.

1.13.1. Aspectos médicos.

Não pesquisado.

1.13.2. Informações ergonômicas.

Nada a relatar.

1.13.3. Aspectos Psicológicos.

Não pesquisado.

1.14. Informações acerca de fogo.

O fogo teve início quando a aeronave encontrava-se em voo.

Não foi possível precisar a fonte de ignição.

A combustão foi iniciada nas fiações elétricas do *Alternate Current Generator* (AC GEN) localizadas no *Upperdeck* da aeronave (onde estavam instalados os motores e a transmissão principal), em contato com o fluido hidráulico originado de vazamento em uma mangueira instalada próximo às instalações elétricas do AC GEN.

O fogo se propagou, alcançando a cabine de passageiros e a região entre o último assento de passageiros e o bagageiro da aeronave (entre as estações 188 e 255). Após cinco minutos de queima, o fogo foi extinto pelo Serviço de Resgate e Combate ao Fogo do Aeroporto de Macaé.

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

Nada a relatar.

1.16. Exames, testes e pesquisas.

Os exames e pesquisas realizados foram determinados em função das evidências encontradas no processo de coletas de dados no sitio do acidente e entrevistas com a tripulação.

A finalidade das análises foi identificar a fonte de ignição. Para tanto, os seguintes trabalhos foram realizados:

1) Pesquisas sobre fiação elétrica com isolamento do tipo KAPTON

A pesquisa realizada na fabricação da fiação que equipava a aeronave PR-IME teve como objetivo identificar os modos de falhas da fiação utilizada que pudessem ter contribuído para o início do incêndio.

A fiação elétrica do AC GEN utilizada na fabricação das aeronaves S-76A possuía material isolante do tipo KAPTON. O isolamento tipo KAPTON era um complexo de poliamida que foi fabricado pela empresa *DuPont* a partir da década de 1960.

Este tipo de fiação possuía características de resistência à temperatura elevada e baixo peso, as quais eram desejáveis na certificação de grandes aeronaves e, por isso, foi largamente utilizadas nas décadas de 1970 e 1980 por grandes fabricantes de aeronaves, como *BOEING*, *AIRBUS*, *SIKORSKY*, dentre outros.

Com o envelhecimento da aeronave em que se encontravam instalados, o uso de fiação com isolamento do tipo KAPTON se mostrou extremamente perigoso. Segundo estudo da *Federal Aviation Administration* (FAA - DOT-FAA-AR-08/02), características desfavoráveis da fiação surgiram devido aos seguintes fatores de envelhecimento: estresse térmico, umidade, esforços de flexão dinâmica, tensão estática, abrasão, vibração, ciclos térmicos, absorção de fluidos e oxidação.

Dentre as consequências do envelhecimento da fiação com isolamento do tipo KAPTON observadas pela FAA, pode-se destacar:

a) o isolamento do tipo KAPTON mostrou-se susceptível ao ressecamento, formando fissuras que poderiam levar a fuga de microcorrente, que por sua vez poderia culminar em um evento de arco voltaico;

b) o isolamento do tipo KAPTON possuia temperatura de ignição elevada, cerca de 5.000ºC, que poderia ser alcançada durante um evento de arco voltaico, causando uma combustão súbita generalizada, conhecida como *flashover*. Quando isto ocorria, o KAPTON explodia e queimava intensamente, sem produzir uma grande quantidade de fumaça;

c) com o seu envelhecimento, tornava-se mais rígido, favorecendo a quebra por flexão, durante o manuseio;

d) possuía características higroscópicas (capacidade de absorção de líquidos) que aumentavam com o passar do tempo.

Segundo o mesmo estudo da FAA, não existia uma fiação com isolamento que fosse ideal. Todos os tipos de isolamento existentes, na época da emissão deste Relatório, possuíam características favoráveis ou não, dependendo do local e do tipo de aplicação.

2) Pesquisas sobre ocorrências anteriores

Em virtude da dificuldade de se encontrar evidências da fonte de ignição no sítio de um acidente, em função das altas temperaturas e do grau de destruição, a identificação das condições perigosas na utilização do KAPTON na aviação foi obtida em laboratórios do *National Transportation Safety Board* (NTSB). Tais estudos laboratoriais identificaram que o uso irrestrito de KAPTON demonstrou-se extremamente perigoso em aeronaves, sendo a causa mais provável em diversas ocorrências.

Segundo o NTSB, as seguintes ocorrências aeronáuticas tiveram como causa mais provável o uso de fiação com isolamento do tipo KAPTON:

a) Em 10JAN1998, um Boeing 767 operado pela *United Airlines*: a tripulação ao perceber fumaça na *galley*, realizou pouso de emergência e a evacuação da aeronave. Investigações posteriores encontraram fiação com isolamento do tipo KAPTON da aeronave danificadas com indícios típicos de arco voltaico (AAIB, 5/2000, 2000);

b) Em 11NOV1999, um Boeing 737 operado pela *Alaska Airlines*: a aeronave retornou para seu aeródromo de decolagem após apresentar problemas elétricos generalizados. Investigações posteriores identificaram diversos pontos da fiação com isolamento do tipo KAPTON da aeronave com indicações da ocorrência de arcos voltaicos (NTSB, SEA00IA019, 1999); e

c) Em 29DEZ2000, um *Lockheed* L-1011-385-1 operado pela *Delta Airlines*: a aeronave teve uma descarga elétrica no painel acima do copiloto e em seguida fumaça, durante a fase de cruzeiro, no nível de voo FL320. Investigações posteriores identificaram que as fiações danificadas possuíam indícios da ocorrência de arco voltaico. (NTSB, LAX01IA066, 2000).

3) Exames nas fiações elétricas do AC GEN

O AC GEN, modelo BA01201C, número de série 1020, passou por revisão geral em 03JUL2003, pela empresa L. J. WALCH CO. INC., tendo sido instalado na aeronave PR-IME em 29JUL2003.

No momento da ocorrência o AC GEN encontrava-se com 3.439,5 horas após a revisão geral e seu limite de horas entre revisão geral (*Time Between Overhaul* – TBO) era de 5.000 horas.

Nos registros da aeronave foram encontradas ao menos seis remoções do AC GEN para manutenção.

Não foram encontrados registros de substituição das fiações elétricas do AC GEN desde a sua fabricação.

Os exames e pesquisas realizados nas fiações elétricas do AC GEN tiveram dois objetivos distintos. Primeiramente, fazer uma avaliação detalhada do estado da fiação que não queimou (mais afastada das conexões), a fim de identificar a existência de falhas no isolamento de KAPTON, para posteriormente, identificar na fiação queimada (mais próxima da conexão) possíveis causas das falhas.

As análises realizadas em laboratório concluíram que:

a) na fiação que não sofreu a ação do fogo, não foram encontradas trincas ou microtrincas no isolamento de KAPTON que pudessem levar a ocorrência de *flashover* ou arco voltaico;

b) alguns fios possuíam dano no isolamento de KAPTON com marca de queima originada de dentro para fora (Figura 2); e

c) não foi possível determinar a origem do incêndio, devido ao estado de carbonização da fiação.

Figura 2 – Isolamento de KAPTON com danos e marcas de queima originada de dentro para fora.

4) Exames nas mangueiras hidráulicas

Os exames e pesquisas realizados nas mangueiras hidráulicas da linha de pressão e na de retorno, localizadas no *Upperdeck*, tiveram como objetivo identificar a origem dos furos na "childragem"* de metal da mangueira, bem como identificar o motivo da falta de aperto da conexão.

*O termo "childragem" vem do inglês *Shield* que significa escudo ou blindagem. A "childragem" tem por finalidade proteger os cabos e conter ruídos elétricos impedindo que se propagem e contaminem os sistemas eletrônicos embarcados.

As análises das mangueiras hidráulicas concluíram que:

a) as mangueiras apresentavam furos na "childragem" de metal causados por abrasão (Figuras 3 e 4);

b) pôde-se observar restos do derretimento do material elastomérico nos furos da mangueira, devido à temperatura elevada (Figura 5);

c) na análise visual verificou-se a integridade das roscas dos conectores das mangueiras;

d) a solda da junção do pino com a porca da mangueira da linha de pressão estava rompida e desgastada. Não foi possível identificar o mecanismo da falha da solda, devido ao desgaste das superfícies da fratura. Entretanto, o arrancamento por sobrecarga pode ser praticamente descartado, uma vez que a superfície de fratura interna à porca de conexão da mangueira não teria sido desgastada. (Figura 6); e

e) havia marcas de danos no pino de encaixe na borracha da mangueira da linha de pressão (Figura 7).

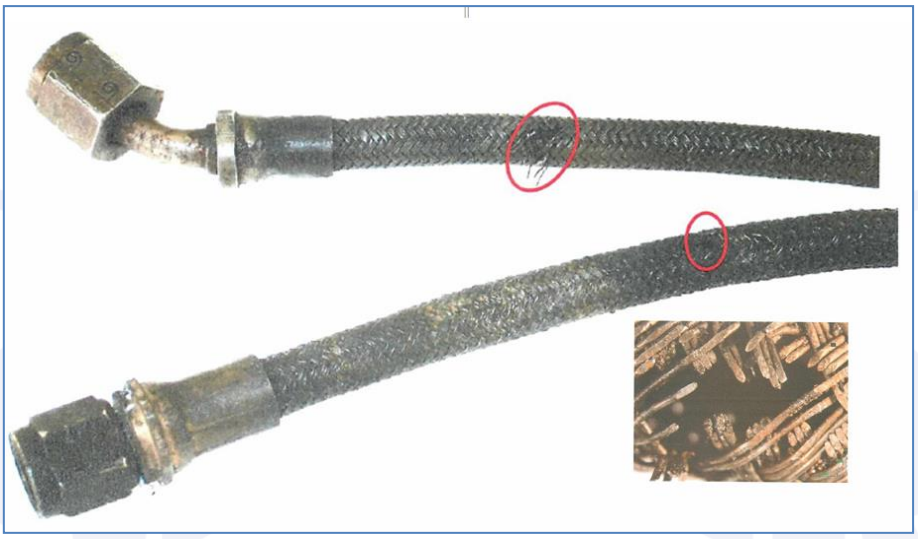

Figura 3 – Mangueiras com furos na “childragem”.

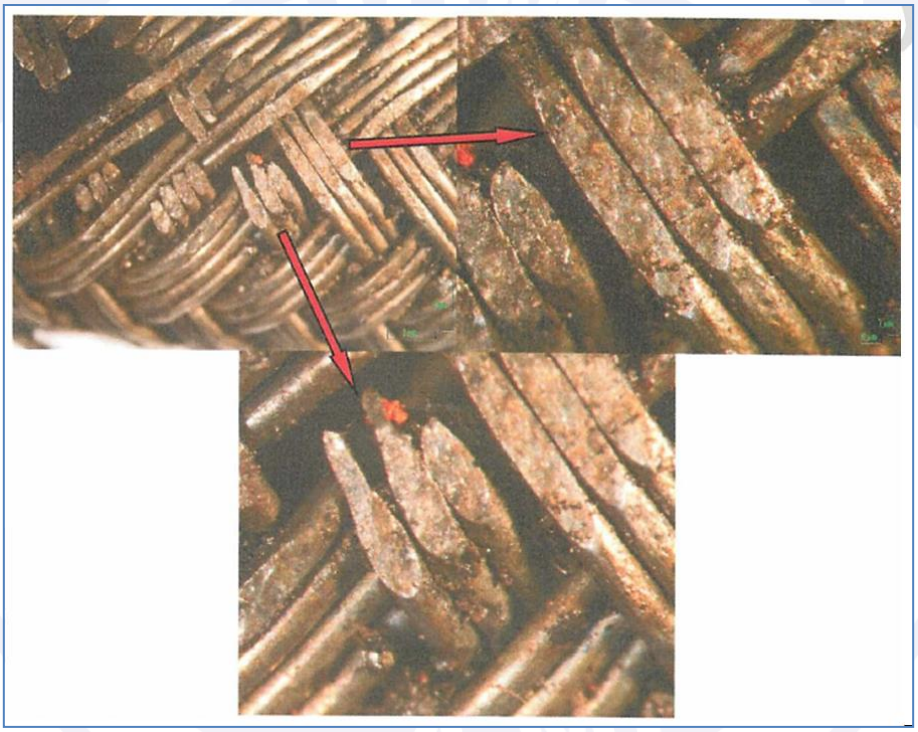

Figura 4 – Sinais de abrasão nos furos da “childragem”.

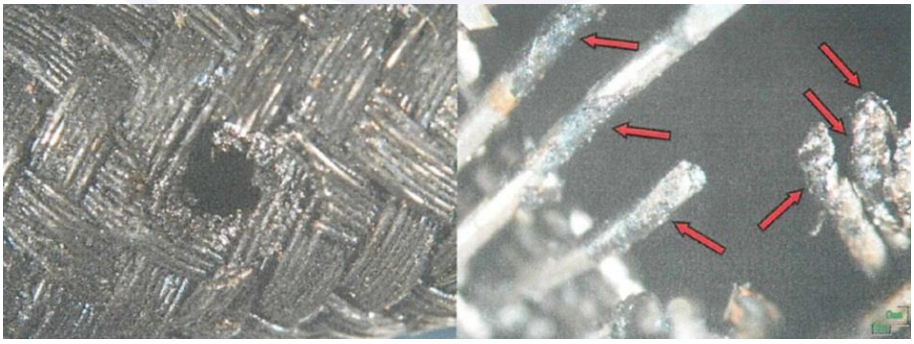

Figura 5 – Depósito de material elastométrico derretido nos furos da “childragem”.

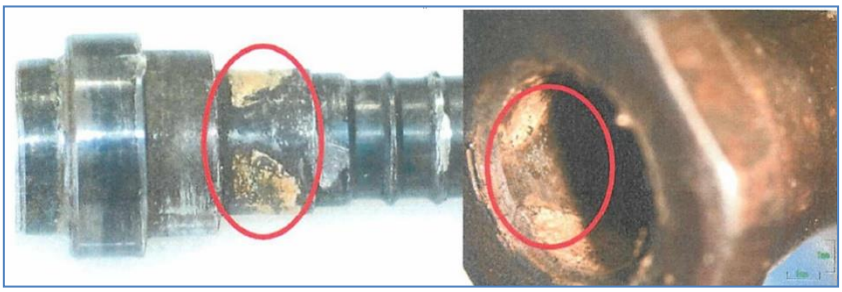

Figura 6 - Solda da fixação do pino com a conexão rompida.

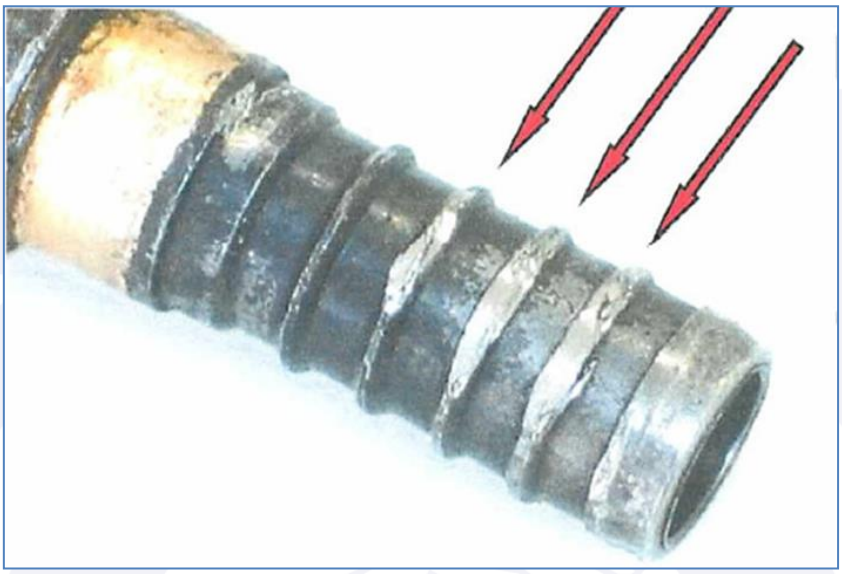

Figura 7 - Amassamento do pino de encaixe na borracha da mangueira da linha de pressão.

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

Embora os registros de manutenção da aeronave se encontrassem em dia e em conformidade com a legislação, a qualidade dos serviços realizados demonstrou não conformidades que submeteram a aeronave à condições inseguras de operação.

Não foram encontradas, na empresa, evidências da implantação do Sistema de Análise e Supervisão Continuada da manutenção, prevista na Seção 135.431, do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil 135 (RBAC 135), nem qualquer base de dados relativa à manutenção realizada em suas aeronaves.

1.18. Informações operacionais.

A aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento especificados pelo fabricante.

A aeronave decolou de SBME com destino a plataforma P12, situada na Bacia de Campos, distante 58 milhas náuticas, tendo a bordo piloto, copiloto e sete passageiros.

Não foram observadas anormalidades pela tripulação nas fases de pré-voo, partida e táxi. Durante a decolagem sobre a pista, ao atingir 40kt de velocidade, os pilotos perceberam, sem precisar a ordem dos eventos, o acendimento da luz de indicação de gerador de corrente alternada inoperante (*Alternate Current Generator* – AC GEN), uma variação de torque em ambos os motores, e um ruído que consideraram ser característico de estol de compressor, seguido da indicação do desacoplamento do Sistema de Controle Automático de Voo (*Automatic Flight Control System* – AFCS). Logo em seguida, decidiram abortar a decolagem e efetuar um pouso corrido sobre a pista.

Imediatamente após o pouso, os pilotos perceberam a presença de fumaça proveniente da região da transmissão principal e dos motores e decidiram efetuar o corte destes. Após a utilização do freio rotor e a parada completa do rotor principal, o desembarque foi autorizado.

1.19. Informações adicionais.

Não havia instruções de aeronavegabilidade emitidas pelo fabricante da aeronave relacionadas às práticas de manutenção que ressaltasse o envelhecimento da aeronave, bem como as características próprias do envelhecimento das fiações que utilizam o KAPTON como material isolante.

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

As ações dos pilotos em relação à ocorrência corresponderam aos procedimentos previstos no manual de voo, sem qualquer dificuldade na execução. O julgamento de pilotagem acerca dos acontecimentos e a atuação precisa e imediata dos tripulantes evitaram que um possível acidente de maiores proporções viesse a acontecer.

A sequência de falhas e anormalidades identificadas pela tripulação é coerente com a origem da falha na fiação elétrica do AC GEN.

A fiação elétrica do AC GEN, utilizada nas aeronaves S-76A, possuía material isolante feito a partir de um complexo de poliamida chamado KAPTON, fabricado em larga escala a partir da década de 1960 e bastante utilizado nas décadas de 1970 e 1980.

Esse material foi usado por grandes fabricantes de aeronaves, como *BOEING*, *AIRBUS*, *SIKORSKY*, dentre outros, em função das suas características de resistência à temperatura elevada, baixo peso e pontos desejáveis na certificação de grandes aeronaves.

Entretanto, segundo a FAA (DOT-FAA-AR-08/02), as características da fiação eram modificadas com o tempo de utilização, devido ao desgaste causado por vários fatores, entre eles o estresse térmico, umidade, esforços de flexão dinâmica, tensão estática, abrasão, vibração, ciclos térmicos, absorção de fluidos e oxidação, tornando a utilização do KAPTON extremamente perigosa.

Entre as consequências do envelhecimento da fiação com isolamento do tipo KAPTON observadas pela FAA, pode-se destacar a susceptibilidade ao ressecamento, formando fissuras que poderiam levar a fuga de microcorrente, que, por sua vez, poderia culminar em um evento de arco voltaico.

Nesse caso, a temperatura de ignição do KAPTON, mesmo sendo da ordem de cerca de 5000ºC poderia ser alcançada durante um evento de arco voltaico, causando uma combustão súbita generalizada, conhecida como *flashover*, seguida de explosão e queima intensa, sem produzir uma grande quantidade de fumaça.

O PR-IME estava há 27 anos em operação no momento da ocorrência, possuindo características típicas de aeronave geriátrica. Entretanto, não havia instruções de aeronavegabilidade emitidas pelo fabricante da aeronave relacionadas às práticas de manutenção, que ressaltasse o envelhecimento da aeronave, bem como as características próprias do envelhecimento das fiações que utilizavam o KAPTON como material isolante.

No histórico de manutenção da aeronave, não foram encontrados registros de substituição das fiações elétricas de conexão do AC GEN, o que leva a concluir que estas se encontravam na aeronave desde a sua fabricação.

Por outro lado, foram observadas nos registros de manutenção ao menos seis remoções do AC GEN durante a vida operacional da aeronave. A cada remoção, ocorria o manuseio das conexões, dependendo exclusivamente da atuação do mecânico executor, que poderia ter aplicado flexão, torção e/ou compressão nas fiações elétricas.

A fiação que não sofreu a ação do fogo foi analisada em laboratório. Os exames não encontraram trincas ou microtrincas no isolamento de KAPTON que pudessem levar a ocorrência de arco voltaico ou *flashover*. Em contrapartida, na fiação que sofreu a ação do fogo, alguns fios possuíam dano no isolamento de KAPTON com marca de queima originada de dentro para fora, não sendo possível identificar a origem do incêndio devido ao estado de carbonização da fiação.

Devido às características de envelhecimento do KAPTON, em particular o aumento da rigidez e a consequente perda de flexibilidade, é possível que as intervenções de manutenção tenham causado fissuras no material isolante nas proximidades das conexões. Com isso, é possível estabelecer, como hipótese, que a fonte de ignição tenha sido um arco voltaico entre os fios de alimentação do componente, podendo ter relação com o acendimento da luz AC GEN (indicando mau funcionamento), seguido de um *flashover* e queima intensa.

É possível que a tripulação tenha confundido o ruído característico da explosão causada pelo *flashover* como estol de compressor. Além disso, a queima intensa gerada pode ter elevado abruptamente a temperatura de admissão dos gases, causando uma variação do torque dos motores identificado pelos pilotos durante a emergência.

A dificuldade de se encontrar evidências da fonte de ignição é uma constante em eventos de arco voltaico e *flashover*, em função das altas temperaturas e do grau de destruição do incêndio. Entretanto, o uso de fiação com isolamento do tipo KAPTON é apontado por algumas agências de investigação, entre elas o NTSB, como a causa mais provável em ocorrências similares no mundo.

Assim, é admissível que o material de combustão inicial tenha sido a própria fiação elétrica do AC GEN, além do fluido hidráulico originado de vazamento em uma mangueira instalada próximo às instalações elétricas do AC GEN.

Os exames e pesquisas realizados nas mangueiras hidráulicas identificaram pontos de abrasão nas “childragens” das mangueiras hidráulicas das linhas de pressão e de retorno, danos no pino de encaixe na borracha da mangueira hidráulica da linha de pressão e conexão de mangueira sem aperto. Tais condições favoreceram o início do incêndio. O referido cenário apontou para falhas na supervisão da manutenção.

Apesar de todos os serviços de manutenção programada e não programada terem sido executados e registrados, as pesquisas realizadas no histórico de manutenção e as análises dos destroços da aeronave, em especial as discrepâncias nas mangueiras hidráulicas, evidenciaram que a qualidade dos serviços de manutenção não era submetida a análise e supervisão continuadas, em conformidade com o requisito 135.431 do RBAC 135. Tal fato pode ter contribuído para o estabelecimento das condições que proporcionaram o vazamento de fluido hidráulico e a consequente propagação do fogo.

3. CONCLUSÃO.

3.1. Fatos.

a) os pilotos estavam com os Certificados de Capacidade Física (CCF) válidos;

b) os pilotos estavam com as habilitações técnicas (CHT) válidas;

c) os pilotos estavam qualificados e possuíam experiência no tipo de voo;

d) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido;

e) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;

f) as escriturações das cadernetas de célula, motores e rotores estavam atualizadas;

g) a aeronave decolou de SBME com destino a plataforma P-12, com dois pilotos e sete passageiros, em operação de transporte de passageiros *offshore*;

h) as condições meteorológicas nos aeródromos de partida, destino pretendido e na rota a ser voada, eram favoráveis para a operação visual;

i) não foram observadas anormalidades pela tripulação nas fases de pré-voo, partida e táxi;

j) durante a decolagem sobre a pista, os pilotos perceberam variações nos parâmetros da aeronave e decidiram abortar a decolagem, efetuando um pouso corrido;

k) após a parada da aeronave, a tripulação notou a presença de fumaça proveniente da região da transmissão principal e dos motores e comandou o corte destes, em sequência foi realizado o desembarque dos passageiros;

l) nos registros da aeronave, foram encontradas seis remoções do AC GEN para manutenção;

m) não foram encontrados registros de substituição das fiações elétricas do AC GEN desde a sua fabricação;

n) a fiação elétrica do AC GEN utilizada na fabricação das aeronaves S-76A possuía material isolante do tipo KAPTON;

o) na fiação elétrica do AC GEN que não sofreu a ação do fogo (mais afastada das conexões), não foram encontradas trincas ou microtrincas no isolamento de KAPTON, que pudessem levar a ocorrência de *flashover* ou arco voltaico;

p) na fiação elétrica do AC GEN que sofreu a ação do fogo, foram encontrados alguns fios que possuíam dano no isolamento de KAPTON com marca de queima originada de dentro para fora;

q) não foi possível determinar a origem do incêndio devido ao estado de carbonização da fiação elétrica do AC GEN;

r) as mangueiras hidráulicas instaladas próximas à fiação elétrica do AC GEN apresentavam furos na “childragem” de metal causados por abrasão;

s) a solda da junção do pino com a porca da mangueira hidráulica da linha de pressão estava rompida e desgastada;

t) foram identificados danos no pino de encaixe na borracha da mangueira hidráulica da linha de pressão;

u) não foram encontradas evidências, na empresa operadora da aeronave acidentada, da implantação do Sistema de Análise e Supervisão Continuada da manutenção, prevista na Seção 135.431, do RBAC 135;

v) a aeronave teve danos substanciais; e

w) os ocupantes saíram ilesos.

3.2. Fatores contribuintes.

- **Manutenção da aeronave – indeterminado.**

É possível que as intervenções de manutenção tenham causado fissuras no material isolante (KAPTON) das fiações elétricas do AC GEN, nas proximidades das conexões, o que permitiu o surgimento de fuga de microcorrente e arco voltaico, seguido de um *flashover* e queima intensa.

- **Projeto – indeterminado.**

A fiação elétrica do AC GEN utilizada na fabricação das aeronaves S-76A possuía material isolante do tipo KAPTON, que apresentava características indesejáveis com o envelhecimento, como o ressecamento e maior rigidez. Isso favorecia a quebra por flexão e, durante o manuseio, poderia formar fissuras e permitir fuga de microcorrente, que, por sua vez, poderia culminar em um evento de arco voltaico, seguido de *flashover* e queima intensa.

Além disso, não havia instruções emitidas pelo fabricante da aeronave relacionadas às práticas de manutenção, que ressaltassem o envelhecimento da aeronave, bem como as características próprias do envelhecimento das fiações que utilizavam o KAPTON como material isolante.

- **Supervisão gerencial – indeterminado.**

As pesquisas realizadas no histórico de manutenção e as análises dos destroços da aeronave, em especial as discrepâncias nas mangueiras hidráulicas, evidenciaram que a qualidade dos serviços de manutenção não era objeto de análise e supervisão continuadas, o que pode ter contribuído para o estabelecimento das condições que proporcionaram o vazamento de fluido hidráulico e a consequente propagação do fogo.

4. RECOMENDAÇÃO DE SEGURANÇA

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

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

Recomendações emitidas no ato da publicação deste relatório.

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

A-524/CENIPA/2016 - 01 **Emitida em: 04/09/2018**

Alertar sobre os procedimentos adotados pelas oficinas de manutenção que possuem o modelo S-76A em suas especificações operativas, relativos às intervenções de manutenção em qualquer fiação elétrica com material isolante do tipo KAPTON, com a finalidade de evitar que o manuseio cause flexão, torção e/ou compressão nas fiações elétricas.

A-524/CENIPA/2016 - 02 **Emitida em: 04/09/2018**

Efetuar gestões de forma a identificar se as oficinas de manutenção encontram-se em conformidade com o requisito do RBAC 135.431, com a finalidade de identificar a existência e a eficácia de um Sistema de Análise e Supervisão Continuada da Manutenção, visando à mitigação de falhas no processo que possam causar condições inseguras após intervenções de manutenção.

A-524/CENIPA/2016 - 03 **Emitida em: 04/09/2018**

Verificar junto a *Sikorsky* a necessidade da emissão de documentação técnica relativa a procedimentos específicos de manutenção, aplicáveis às aeronaves com longo tempo em atividade, bem como às características próprias do envelhecimento de componentes específicos, principalmente no que se refere à fiação elétrica com material isolante do tipo KAPTON.

5. AÇÃO CORRETIVA OU PREVENTIVA JÁ ADOTADA.

Não houve.

Em, 4 de setembro de 2018.