COMANDO DA AERONÁUTICA

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS

RELATÓRIO FINAL
A - 191/CENIPA/2013

OCORRÊNCIA:	**ACIDENTE**
AERONAVE:	**PR-GPM**
MODELO:	**AS 350 B2**
DATA:	**22OUT2013**

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-GPM, modelo AS 350 B2, ocorrido em 22OUT2013, classificado como “falha do motor em voo”.

Durante a aproximação final para pouso no destino, quando a aeronave se encontrava com uma velocidade indicada de 50kt e altura aproximada de 100ft, ocorreu perda de potência do motor, acompanhada do toque da buzina de baixa rotação do rotor principal. O piloto realizou uma autorrotação seguida de pouso corrido em estrada de terra.

A aeronave teve danos substanciais.

Todos os ocupantes saíram ilesos.

Houve designação de Representante Acreditado do *Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile* (BEA) - França, Estado de projeto 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. 7
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços. 7
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas. 8
1.13.1. Aspectos médicos. 9
1.13.2. Informações ergonômicas. 9
1.13.3. Aspectos Psicológicos. 9
1.14. Informações acerca de fogo. 9
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. 15
1.18. Informações operacionais. 16
1.19. Informações adicionais. 17
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação. 18

2. ANÁLISE. 18

3. CONCLUSÃO. 20

3.1. Fatos. 20
3.2. Fatores contribuintes. 21

4. RECOMENDAÇÃO DE SEGURANÇA 22

5. AÇÃO CORRETIVA OU PREVENTIVA JÁ ADOTADA. 23

ANEXO A 24

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
AQI	Divisão de Química do DCTA
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CHT	Certificado de Habilitação Técnica
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
CTA	Caminhão Tanque de Abastecimento
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
FCU	*Fuel Control Unit* - Unidade de Controle de Combustível
FORM	Formulário
FT-IR	Infravermelho com Transformada de Fourier
GRAER-BA	Grupamento Aéreo da Polícia Militar da Bahia
IAE	Instituto de Aeronáutica e Espaço
Lat	Latitude
Long	Longitude
NBR	Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas
PCH	Piloto comercial de helicóptero
PPH	Piloto privado de helicóptero
QAV	Querosene de Aviação
SERIPA	Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
UTC	*Universal Time Coordinated* - Tempo Universal Coordenado

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	**Modelo:** AS 350 B2 **Matrícula:** PR-GPM **Fabricante:** Helibras	**Operador:** Secretaria de Segurança Pública do Estado da Bahia
Ocorrência	**Data/hora:** 22OUT2013 / 20:06 (UTC) **Local:** Hotel Alpina **Lat.** 12°58'32"S **Long.** 041°19'57"W **Município – UF:** Mucugê - BA	**Tipo(s):** Falha do motor em voo **Subtipo(s):**

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou dos arredores da cidade de Rio de Contas, BA, às 16h30min (horário local), com destino à cidade de Mucugê, BA, com dois tripulantes e três passageiros a bordo.

O voo teve duração de 36 minutos. Durante a aproximação final para pouso no destino, quando a aeronave se encontrava com uma velocidade indicada de 50 nós (kt) e altura aproximada de 100 pés (ft), ocorreu uma perda de potência do motor, acompanhada do toque da buzina de baixa rotação do rotor principal.

O piloto realizou um pouso em uma estrada de terra.

A aeronave teve danos substanciais.

Todos os ocupantes saíram ilesos.

1.2. Lesões às pessoas.

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	-	-	-
Graves	-	-	-
Leves	-	-	-
Ilesos	2	3	-

1.3. Danos à aeronave.

Os esquis foram arrancados. A fuselagem, abaixo da cabine dos pilotos (*cockpit*), foi rompida. Ocorreu o dobramento do *boom* de cauda na área próxima à parte traseira da cabine. O compressor do motor apresentava restrições quanto à livre rotação.

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	1.200:00	1.480:00
Totais, nos últimos 30 dias	20:00	20:00
Totais, nas últimas 24 horas	00:00	02:00
Neste tipo de aeronave	1.100:00	1.350:00
Neste tipo, nos últimos 30 dias	20:00	20:00
Neste tipo, nas últimas 24 horas	00:00	02:00

Obs.: Os dados relativos às horas voadas foram obtidos por intermédio de declarações dos próprios tripulantes.

1.5.2. Formação.

O piloto realizou o curso de Piloto Privado - Helicóptero (PPH) na Escola de Pilotagem - EFAI, Contagem, MG, no ano de 2004.

O copiloto realizou o curso de Piloto Privado - Helicóptero (PPH) na Escola de Pilotagem - EFAI, Contagem, MG, no ano de 2004.

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 técnicas de aeronave tipo H350 e voo por instrumentos (IFR) válidas.

O copiloto possuía a licença de Piloto Comercial - Helicóptero (PCH) e estava com a habilitação técnica de aeronave tipo H350 válida.

1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

Os pilotos estavam qualificados para realizar o tipo 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 4122, foi fabricada pela Helibras, em 2006, e estava registrada na categoria Pública Administração Direta Estadual (ADE).

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

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

A última inspeção da aeronave, do tipo “7 dias (semanal) - Célula / 7 dias ou 15 horas - Motor”, foi realizada em 16OUT2013, estando com 8 horas e 35 minutos voadas após a inspeção.

O motor não havia realizado revisão geral por não ter atingido as horas previstas pelo programa de manutenção do motor.

1.7. Informações meteorológicas.

Nada a relatar.

1.8. Auxílios à navegação.

Nada a relatar.

1.9. Comunicações.

Nada a relatar.

1.10. Informações acerca do aeródromo.

A ocorrência se deu fora de aeródromo. Nos locais fora de sede, o reabastecimento do helicóptero com combustível era realizado por meio de um caminhão tanque abastecedor (CTA), pertencente ao operador da aeronave.

1.11. Gravadores de voo.

Não requeridos e não instalados.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

Após o impacto contra o solo, a aeronave se deslocou aproximadamente cinco metros à frente, arrastando-se apoiada na parte frontal dos esquis até a parada total (Figuras 1 e 2).

Figura 1 - Vista geral do local do acidente.

Figura 2 - Vista das marcas da aeronave no solo.

1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.

1.13.1. Aspectos médicos.

Não houve evidências de que ponderações de ordem fisiológica ou de incapacitação tenham afetado o desempenho dos membros da tripulação de voo.

1.13.2. Informações ergonômicas.

Nada a relatar.

1.13.3. Aspectos Psicológicos.

Não houve evidências de que questões de ordem psicológica ou de incapacitação tenham afetado o desempenho dos membros da tripulação de voo.

1.14. Informações acerca de fogo.

Não houve evidência de fogo em voo ou após o impacto.

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

Nada a relatar.

1.16. Exames, testes e pesquisas.

Foram coletadas amostras de combustível da aeronave e do caminhão tanque abastecedor (CTA). Em ambos os casos, observou-se a presença de uma substância de coloração marrom-claro no combustível coletado, bem como a presença de substância análoga no interior dos filtros do CTA (Figuras 3 e 4).

Figura 3 - Amostra de combustível coletada da aeronave no local do acidente.

Figura 4 - Aspecto da parte interna do corpo do filtro do CTA.

O fabricante do filtro utilizado no caminhão que abasteceu a aeronave acidentada contraindicava a utilização desses filtros associada a combustíveis aditivados. Esse posicionamento do fabricante se dava em razão da possibilidade da presença de sal no combustível aditivado desencadear falhas nos filtros.

Diante dessa informação, as amostras de combustível coletadas da aeronave e do caminhão tanque abastecedor foram encaminhadas para análise. Os resultados obtidos dessas análises foram os seguintes:

- a substância (goma) encontrada nas amostras não estava associada ao material utilizado na confecção dos filtros monitores do referido caminhão tanque abastecedor;

- não foi identificada a presença de água no combustível analisado; e

- não foi possível concluir se havia a presença de aditivo no combustível analisado.

Ainda no local do acidente, constatou-se que o giro do compressor axial do motor do helicóptero ocorria com dificuldade, sendo acompanhado por um ruído característico de atrito. O motor da aeronave foi recolhido para desmontagem e análise de componentes em uma oficina especializada. No sistema de lubrificação, não foi observada qualquer anomalia que pudesse provocar mau funcionamento do motor.

Em virtude das características das amostras coletadas no sítio do acidente, os estudos foram direcionados para o sistema de alimentação de combustível da aeronave. Por ser o componente responsável pelo fornecimento e dosagem do combustível para o motor, a *Fuel Control Unit* (FCU) foi o foco principal dos estudos. Os resultados obtidos foram os seguintes:

- o filtro de entrada, o filtro principal e o filtro do pistão amplificador da FCU apresentaram contaminação com característica similar a encontrada no local do acidente;

- a *metering valve* encontrava-se inoperante e travada na posição fechada. A válvula foi comandada para a posição aberta por meio de sua alavanca de acionamento, porém não se obteve sucesso; e

- o eixo de turbina livre passou a girar de modo normal, sem atrito, no momento em que houve o desacoplamento entre o conjunto bomba de alta / FCU e *gearbox*.

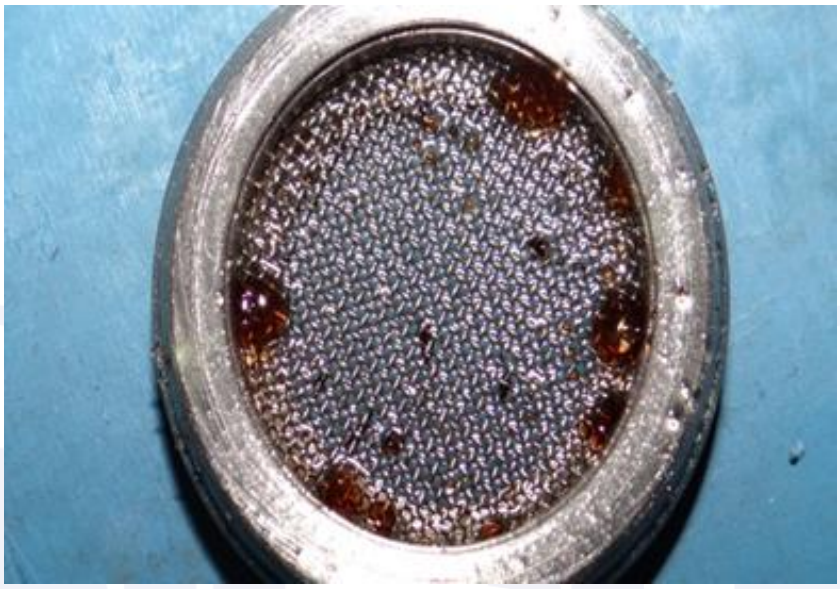


Figura 5 - Filtro de entrada da FCU tipo tela.

Figura 6 - Filtro principal da FCU.

Figura 7 - Filtro do pistão amplificador da FCU.

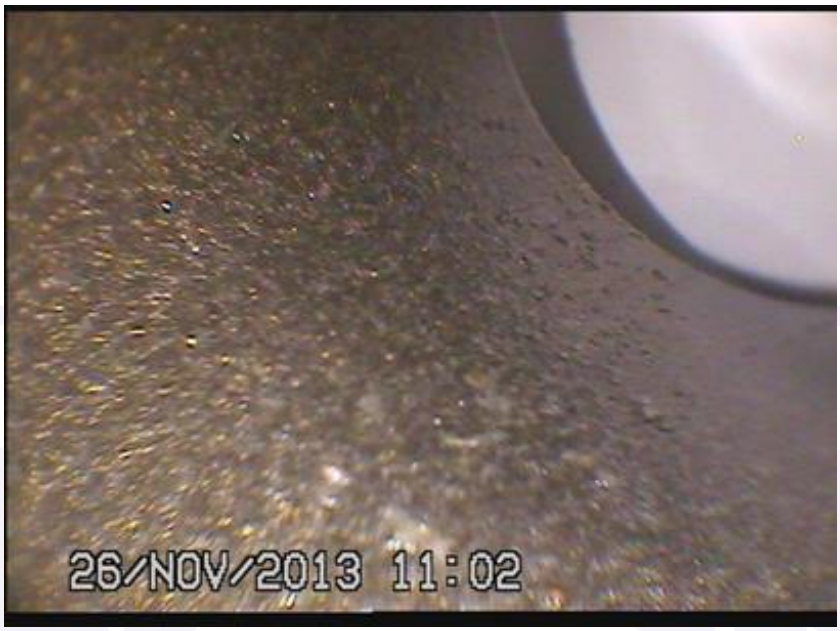


Figura 8 - Câmara interna da FCU.

Figura 9 - Agulha da *metering valve* da FCU.

Figura 10 - Imagem ampliada da agulha da *metering valve*.

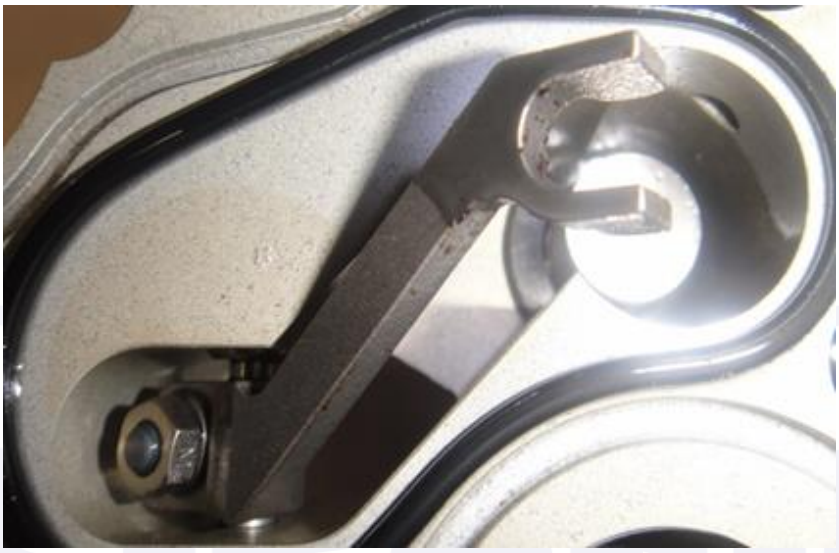


Figura 11 - Haste de acionamento da *metering valve* da FCU.

Figura 12 - Imagem ampliada da haste de acionamento da *metering valve* da FCU.

Após a identificação visual dessa contaminação (Figuras 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12), amostras da substância contaminante foram coletadas e analisadas em laboratório. As análises concluíram que o resíduo encontrado se tratava de sal de ácido poliacrílico (poliacrilato de sódio).

Os filtros de combustível do caminhão abastecedor também foram recolhidos para análise. Foram analisados dois filtros retirados do caminhão que abasteceu a aeronave e um filtro novo, que ainda não tinha sido utilizado (Figuras 13, 14, 15, 16 e 17).

Figura 13 - Filtros retirados do caminhão tanque abastecedor (CTA).

Figura 14 - Alojamento de um dos filtros do CTA.

Figura 15 - Dois filtros retirados do CTA (esq.) e um filtro novo (dir.).

Nos filtros retirados do caminhão abastecedor foi encontrada a mesma contaminação descrita anteriormente, em volume considerável. As análises indicaram que se tratava do mesmo composto químico encontrado nos tanques da aeronave, ou seja, sal de ácido poliacrílico (poliacrilato de sódio).

Figura 16 - Filtro novo (esq.) sem contaminação e filtro retirado do CTA (dir.) com contaminação.

Figura 17 - Detalhe da contaminação na estrutura interna de um dos filtros retirados do CTA.

Em resposta à consulta formulada pelos investigadores do SIPAER, técnicos da PETROBRAS informaram que o poliacrilato de sódio não faz parte da composição química do Querosene de Aviação. Trabalhos desenvolvidos pela comunidade científica apontam para a relação entre o poliacrilato de sódio e o material utilizado na fabricação de filtros monitores de combustível.

Foi realizado um ensaio para tentar identificar a origem da substância contaminante encontrada. O referido ensaio consistiu em colocar combustível aditivado em contato com o elemento filtrante do filtro novo e comparar a substância produzida no ensaio com a substância encontrada na aeronave e no CTA. O composto químico resultante do ensaio realizado possuía características diferentes do resíduo encontrado na aeronave acidentada e no CTA. Desse modo, não foi possível determinar a origem do contaminante.

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

O Grupamento Aéreo da Polícia Militar da Bahia (GRAER-BA), criado em 08NOV2006, por meio da Lei Estadual nº 10.403, encontrava-se sediado no aeródromo Dep. Luís Eduardo Magalhães, em Salvador-BA.

O GRAER-BA realizava missões de Segurança Pública e de Defesa Civil, tais como: buscas; salvamento terrestre e aquático; controle de tráfego rodoviário, ferroviário e urbano; prevenção e combate a incêndios; e operações ligadas à atividade aeropolicial.

Para tanto, contava com uma frota composta por três helicópteros modelo AS 350 B2 (Esquilo), um helicóptero EC-145, uma aeronave modelo Cessna 208 *Grand Caravan* e dois motoplanadores modelos Super Ximango AMT 200 SO.

O GRAER-BA possuía caminhões tanques abastecedor (CTA) próprios para apoio às aeronaves nas operações fora de sede. Esses CTA eram operados por profissionais do próprio efetivo do GRAER. Alguns dos operadores dos CTA possuíam pouca familiaridade com o idioma inglês.

1.18. Informações operacionais.

As embalagens e documentações relativas aos filtros que equipavam o sistema de abastecimento do caminhão tanque abastecedor (CTA) continham as seguintes orientações, emitidas pelo fabricante:

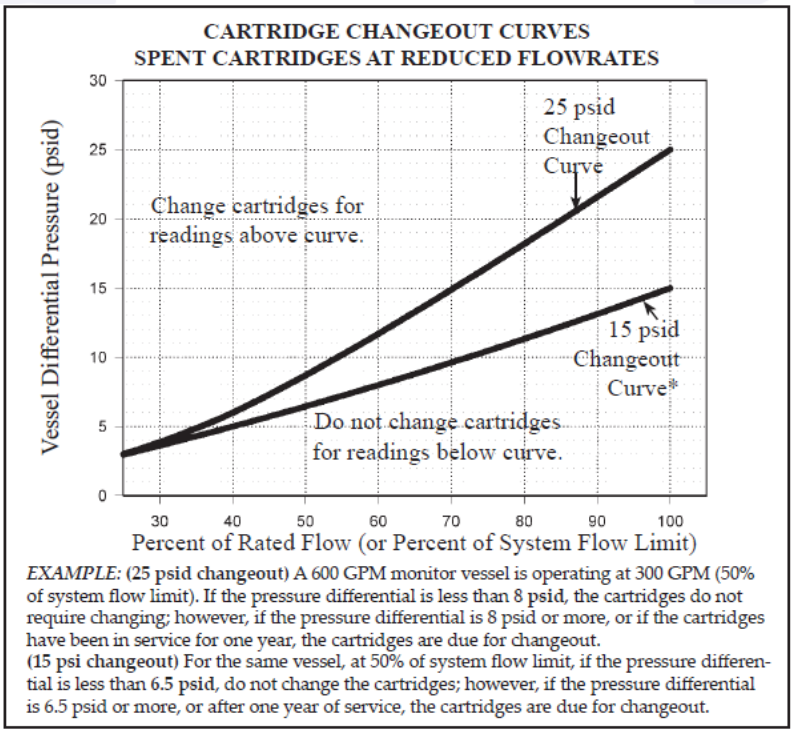
- evitar o uso de combustíveis aditivados;

- instalar um manômetro diferencial de pressão ou outro meio de leitura do diferencial de pressão no caminhão; e

- providenciar a substituição do elemento do filtro, sempre que o diferencial de pressão exceder 25 PSID, ou se ocorrer redução na vazão do combustível, ou após um ano de uso, o que ocorrer primeiro.

O CTA utilizado para abastecer a aeronave acidentada era equipado com dois manômetros de combustível, um na entrada do filtro monitor e o outro na saída. Entretanto, o caminhão não possuía manômetro diferencial de pressão ou outro meio de leitura desse parâmetro.

As orientações do fabricante incluíam um gráfico que ilustra a substituição dos filtros, tomando por base as medições de diferencial de pressão (Figura 18).



Decal #1846 - Cartridge Changeout Curve for cartridges with 25 psid changeout requirements
**Decal #1979 - Cartridge Changeout Curve for cartridges with 15 psid changeout requirement (per ATA 103)*

Figura 18 – Gráfico de substituição de elementos monitores por redução de vazão.

Como pode ser observado na Figura 18, as orientações do fabricante dos filtros estão todas em língua inglesa.

1.19. Informações adicionais.

Durante a investigação, constatou-se que houve contaminação, semelhante à encontrada no presente acidente, em três helicópteros e dois CTA pertencentes ao GRAER-BA.

O distribuidor de combustíveis que atendia ao GRAER-BA também prestava serviços para outros operadores. Entretanto, apenas as aeronaves do GRAER-BA apresentaram contaminação. Não foram encontrados sinais de impurezas no combustível de nenhuma outra aeronave que tenha sido abastecida pelo mesmo distribuidor.

Outros distribuidores de combustível foram consultados e confirmaram que o combustível aditivado não deve entrar em contato com os filtros utilizados nos CTA. Esses veículos devem ser equipados com um reservatório específico para armazenar o aditivo. A administração do aditivo deve ser realizada após a passagem do combustível pelos filtros do CTA, já na mangueira de abastecimento.

Operadores aeropoliciais, cujas atividades operacionais eram apoiadas por CTA, foram objeto de pesquisa durante a investigação. Foi constatado que havia falta de conhecimento ou pouca familiaridade de pilotos e mecânicos, em relação às recomendações contidas nos manuais dos fabricantes dos filtros monitores de combustível.

A ABNT NBR 13310 regulamentava as características de construção e operação dos CTA, definindo a instalação de um manômetro de leitura direta de pressão diferencial (entrada e saída do elemento monitor de combustível).

O fabricante dos filtros, por meio de *Service Bulletin* datado de 05NOV2003, dentre outros pontos, estabelecia que:

> [...] O trabalho analítico realizado por filtros deste fabricante indica a presença de cloreto de sódio (sal) na absorção de água e de polímeros. Este sal pode degradar o desempenho da absorção de água pelo filtro monitor para a formação de polímeros absorventes. Nesta fase, não se deixa claro como o sal está entrando no sistema de combustível - mais testes e análises estão sendo conduzidos.
>
> Mais uma vez, todos os elementos monitores com desempenhos comprometidos mostraram presença de sal na água e formação de polímeros absorventes. Isso ocorreu, haja vista a exposição dos elementos monitores a um alto diferencial de pressão (em excesso de 25 PSID) durante o teste. [...]

Fatores que levavam às falhas dos filtros monitores, gerando contaminação dessa natureza, eram pesquisados em diversos países. Entretanto, não havia notícias, no momento da conclusão deste Relatório, sobre a conclusão desses trabalhos.

Sobre o uso do combustível com aditivo anticongelante, tinha-se ainda que:

- FSII (*Fuel System Icing Inhibitor*) é uma sigla utilizada para se referenciar ao aditivo anticongelante que pode ter diversas composições químicas, sendo que uma delas é o dietilenoglicolmonometiléter – DEGMME (*Prist*).

- A norma API/IP1583 (API/IP- *American Petroleum Institute / Institute of Petroleum* - Reino Unido) recomendava que, para o uso de monitores em combustíveis com FSII, era necessário ter bastante cuidado para garantir que tanto o FSII como o combustível tivessem o teor de água tão baixo quanto possível e que a injeção do FSII em fluxo fosse feita após o monitor (filtro).

- A norma ABNT NBR15216 especificava na Nota 1 do item 5.7 que o aditivo anticongelante deveria ser injetado à jusante do filtro (após o filtro) monitor das unidades de abastecimento de aeronaves.

Não foi identificado um mecanismo ou norma que estabelecesse critérios para a aprovação/certificação dos CTA que dessem suporte às operações de aeronaves, bem como para o acompanhamento regular das condições técnicas e operacionais desses veículos.

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

A aeronave apresentou perda de potência quando se encontrava na aproximação final para pouso, com cerca de 50kt de velocidade indicada e 100ft de altura. A buzina de baixa rotação do rotor principal soou. A tripulação atuou no comando coletivo deslocando a alavanca para baixo, a fim de tentar manter a RPM do rotor principal dentro dos parâmetros normais de operação e tentou realizar um procedimento de autorrotação. Foi realizado um pouso corrido em uma estrada de terra.

O voo transcorria em uma região afastada da base de operações do GRAER-BA. Em operações como essa, um CTA era utilizado para reabastecimento da aeronave. Foram coletadas amostras de combustível da aeronave e do CTA.

Durante os exames realizados nos componentes da aeronave, foi constatado que o sistema de combustível do helicóptero estava contaminado com uma substância de coloração marrom-clara. A mesma contaminação foi encontrada no interior dos filtros do CTA utilizado para reabastecimento da aeronave.

Foi realizada uma pesquisa com outros operadores que abasteceram suas aeronaves com o mesmo distribuidor de combustíveis, o qual prestava serviços ao GRAER. O fato de não ter havido contaminação no combustível das aeronaves pertencentes aos outros operadores afastou a suspeita de que a contaminação tivesse origem no distribuidor de combustíveis.

Suspeitou-se que a falha do motor da aeronave pudesse estar associada à presença de água no combustível. Entretanto, os resultados das análises das amostras de combustível coletadas levaram à exclusão dessa possibilidade.

Os exames das amostras de combustível indicaram a presença de uma substância identificada como poliacrilato de sódio, que não fazia parte da composição química do combustível Querosene de Aviação (QAV). As análises mostraram, ainda, que a substância encontrada não era associada ao material utilizado na confecção do filtro monitor do CTA, operado pelo GRAER-BA.

Entretanto, trabalhos desenvolvidos pela comunidade científica apontam para a relação entre o poliacrilato de sódio e o material utilizado na fabricação de filtros de combustível. Embora esses trabalhos não sejam conclusivos, havia indicativos de que a falha dos elementos filtrantes pudesse estar relacionada à presença de sal no combustível aditivado. De maneira geral, os estudos sugerem que o sal reage com o papel absorvente do elemento filtrante e prejudica a sua capacidade de retenção de água.

Este aspecto remete à possibilidade de o CTA do GRAER-BA ter sido abastecido inadvertidamente com combustível aditivado. Via de regra, as aeronaves AS 350 B2 do GRAER-BA não utilizam combustível aditivado. O aditivo anticongelante poderia ter sido utilizado nos CTA operados pelo GRAER-BA, desde que este fosse injetado após o filtro monitor de combustível. Caso o aditivo fosse injetado antes dos filtros, poderia haver contaminação destes por parte do composto químico.

Com o intuito de verificar essa hipótese foi realizado um teste que colocou combustível aditivado em contato com o elemento filtrante de um filtro novo. Os

resultados apresentaram um composto químico com características diferentes do resíduo encontrado no sistema de combustível da aeronave acidentada e no CTA. Ademais, as análises não foram conclusivas quanto à presença de aditivo nas amostras de combustível coletadas. Dessa forma, não foi possível estabelecer que a contaminação teve origem na utilização de combustível aditivado no CTA.

Outro cenário levantado refere-se ao desgaste prematuro do elemento do filtro monitor. Caso os limites de pressão diferencial estabelecidos pelo fabricante dos filtros tivessem sido excedidos em algum momento da operação do CTA, isto poderia ter levado ao desgaste prematuro do componente. Os CTA operados pelo GRAER-BA não eram equipados com manômetro diferencial de pressão do combustível ou com outro meio que permitisse a leitura direta desse parâmetro, como estabelecia o fabricante dos filtros. Por esta razão essa possibilidade não foi descartada.

Baseado nas considerações anteriores, não foi possível determinar com exatidão a origem e nem as circunstâncias que levaram ao surgimento da substância contaminante. Supõe-se que o poliacrilato de sódio tenha se formado inicialmente no CTA e, posteriormente, tenha sido transferido até o tanque de combustível do helicóptero. A presença dessa substância gerou a contaminação do sistema de combustível da aeronave, o travamento da *metering valve* na posição “fechada” e a consequente perda de potência observada.

Pesquisa realizada junto aos operadores aeropoliciais identificou que os profissionais que atuavam como responsáveis pela operação dos CTA desconheciam as recomendações emitidas pelo fabricante dos filtros. Esse desconhecimento era ainda mais pronunciado no que se refere à restrição do uso de combustível aditivado associado a elementos filtrantes, bem como à instalação de manômetro diferencial de pressão do combustível ou de outro meio que permitisse a leitura direta desse parâmetro nos CTA. Tal condição foi atribuída a pouca familiaridade que esses profissionais tinham com o idioma inglês, língua utilizada pelo fabricante dos filtros em suas publicações.

Durante os exames no motor da aeronave, constatou-se que o eixo da turbina livre passou a girar normalmente (sem atrito) assim que o conjunto bomba de alta / FCU foi desacoplado da *gearbox*. Diante deste fato, foi possível inferir que o atrito encontrado na referida turbina se deu em decorrência de danos causados pela contaminação do combustível no conjunto bomba de alta pressão / FCU.

As análises da FCU mostraram que a *metering valve* encontrava-se inoperante e travada na posição fechada. Essa válvula, pertencente à FCU, tinha a função de dosar o combustível para o motor, de acordo com a potência necessária para manter a RPM do rotor principal constante. O trabalho da FCU na dosagem do combustível se dava, resumidamente, da seguinte forma: toda vez que o piloto comandava a alavanca de passo coletivo para cima, o ângulo de passo das pás aumentava e a RPM do rotor principal tendia a diminuir. Para manter a RPM constante, a FCU abria a *metering valve* e injetava combustível no motor que, por sua vez, fornecia mais potência ao rotor principal para a manutenção da RPM. O inverso ocorria quando o piloto comandava a alavanca de passo coletivo para baixo.

Com a *metering valve* na posição “fechada” a FCU estaria fornecendo o mínimo de combustível necessário para o funcionamento do motor. Essa posição da válvula era condizente com o funcionamento do motor em regime de baixa potência.

Durante a aproximação final para pouso, helicópteros descrevem um perfil que demanda pouca potência do motor inicialmente. Na medida em que a aeronave vai se aproximando do solo, o piloto atua nos comandos de maneira a diminuir a velocidade à frente até que seja possível realizar um voo pairado (com 0kt de velocidade) próximo ao solo. A transição entre o voo com velocidade à frente e o voo pairado demanda atuação

na alavanca do passo coletivo para cima, por parte dos pilotos. Essa atuação nos comandos exigirá mais potência do motor para a manutenção da RPM do rotor principal e, consequentemente, do voo propriamente dito.

A *metering valve* da aeronave acidentada foi encontrada travada na posição "fechada". Durante a aproximação final, o piloto naturalmente teria que comandar a alavanca do coletivo para baixo e, consequentemente, a *metering valve* se deslocaria para uma posição mais próxima da posição "fechada", condizente com regimes em que a alavanca do coletivo se encontra "em baixo". Com a diminuição da velocidade à frente e aproximação com o solo, o piloto teria que comandar, gradativamente, a alavanca do coletivo para cima. Esse deslocamento do comando coletivo levaria a FCU a deslocar a *metering valve* para uma posição mais próxima da posição "aberta", condizente com regimes em que a alavanca do coletivo se encontra "em cima". Caso a *metering valve* não abra nesse momento, a potência fornecida ao motor seria menor do que a potência necessária para a manutenção da RPM do rotor principal, devido a problemas na dosagem do combustível.

Diante do exposto, é possível inferir que o piloto baixou a alavanca de passo coletivo durante a aproximação final. A *metering valve* deslocou-se para a posição "fechada" e travou nesta posição devido à contaminação por uma substância viscosa, identificada como poliacrilato de sódio. Quando o piloto comandou o passo coletivo gradativamente para cima, durante a transição do voo com velocidade à frente para o voo pairado, a *metering valve* não se deslocou da posição "fechada" para a posição "aberta", como era esperado. Com o aumento do passo coletivo, o motor necessitaria de mais combustível a fim de fornecer a potência necessária para manter a RPM do rotor principal constante. Entretanto, com a válvula travada na posição "fechada", a dosagem do combustível não aumentou e o motor não foi capaz de fornecer mais potência ao sistema do rotor principal. A RPM do rotor principal diminuiu ao ponto de soar a buzina de baixa rotação. A tripulação teve que baixar novamente a alavanca do passo coletivo para tentar manter a RPM do rotor principal dentro dos limites e entrar em regime de autorrotação. O procedimento resultou em um pouso forçado.

3. CONCLUSÃO.

3.1. Fatos.

a) os pilotos estavam com os Certificados Médicos Aeronáuticos (CMA) válidos;

b) os pilotos eram qualificados para realizar o voo;

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

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

e) a operação ocorria fora de aeródromo;

f) um caminhão tanque abastecedor (CTA), de propriedade do operador, apoiava a operação;

g) a turbina livre do motor do helicóptero apresentava características de atrito durante os exames realizados no local da ocorrência;

h) foram coletadas amostras de combustível da aeronave e do CTA;

i) as amostras coletadas apresentaram contaminação por poliacrilato de sódio;

j) o sistema de combustível da aeronave apresentava contaminação pelo mesmo composto químico;

k) a *metering valve* da FCU foi encontrada travada na posição "fechada";

l) os filtros do CTA apresentavam contaminação semelhante à encontrada nas amostras de combustível do CTA e da aeronave;

m) a substância contaminante encontrada não fazia parte da composição química do combustível querosene de aviação (QAV);

n) a substância encontrada não era associada ao material utilizado na confecção do filtro monitor do CTA;

o) as análises das amostras de combustível coletados da aeronave e do CTA não apresentaram presença de água;

p) as análises das amostras de combustível coletados da aeronave e do CTA não foram conclusivas quanto a presença de aditivo;

q) a turbina livre do motor passou a girar livremente (sem atrito) após o desacoplamento do conjunto bomba de alta pressão / FCU da *gearbox*;

r) o CTA não era equipado com manômetro diferencial ou outro meio que permitisse a leitura direta do diferencial de pressão do combustível;

s) operadores aeropoliciais consultados demonstraram não possuir conhecimento sobre as recomendações emitidas pelo fabricante dos filtros do CTA;

t) as recomendações do fabricante dos filtros eram na língua inglesa;

u) os operadores do CTA possuíam pouca familiarização com a língua inglesa;

v) houve perda de potência do motor durante aproximação final para pouso;

w) a tripulação realizou um pouso de emergência em uma estrada de terra;

x) a aeronave teve danos substanciais; e

y) os ocupantes saíram ilesos.

3.2. Fatores contribuintes.

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

A capacitação dos operadores do CTA contribuiu para a ocorrência em questão. Segundo pesquisa realizada durante a investigação, havia falta de conhecimento ou pouca familiaridade por parte deles em relação às recomendações contidas nos manuais dos fabricantes dos filtros monitores de combustível.

- **Equipamento de apoio – indeterminado.**

É possível que a ausência de um manômetro diferencial no filtro monitor ou de outro meio que permitisse a leitura direta desse parâmetro, por ocasião da operação dos CTA, tenha contribuído para a ocorrência do acidente. Esse tipo de dispositivo visa a permitir o monitoramento da pressão diferencial do combustível, parâmetro tido pelo fabricante dos filtros como importante para a substituição dos mesmos.

- **Pessoal de apoio – indeterminado.**

É possível que a atuação inadequada do pessoal envolvido na operação dos CTA, por desconhecimento das recomendações do fabricante dos filtros, tenha contribuído para o acidente.

- **Supervisão gerencial – contribuiu.**

O fato da alta administração do operador não ter identificado falhas no processo de treinamento dos operadores de CTA, falhas na proficiência na língua inglesa por parte desses profissionais, e falhas na operação propriamente dita dos CTA contribuiu para a ocorrência deste acidente.

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 do Petróleo, Gás Natural e Biocombustiveis (ANP), recomenda-se:

A-191/CENIPA/2013 - 01 Emitida em: 10/05/2018

Assegurar-se da instalação de manômetro diferencial ou de outro meio que permita a leitura direta da pressão diferencial do combustível nos CTA operados pelo GRAER-BA, de acordo com o *Form* 1839-R20 03/13.

A-191/CENIPA/2013 - 02 Emitida em: 10/05/2018

Atuar junto ao representante da *Velcon* no Brasil, no sentido de que o manual de instrução dos elementos monitores utilizados nos CTA que dão suporte às atividades aeronáuticas, bem como os Boletins de Serviço relacionados, sejam devidamente impressos e divulgados na língua portuguesa.

A-191/CENIPA/2013 - 03 Emitida em: 10/05/2018

Assegurar-se da adequação dos métodos utilizados pelo GRAER-BA, para efeito do monitoramento do combustível utilizado nas aeronaves proveniente dos seus CTA.

A-191/CENIPA/2013 - 04 Emitida em: 10/05/2018

Assegurar-se de que os operadores dos CTA do GRAER-BA foram orientados e treinados quanto ao fiel cumprimento do estabelecido no *Form* 1839-R20 03/13, da *Velcon*, notadamente no que se refere ao monitoramento da curva de substituição de elementos monitores por redução de vazão.

A-191/CENIPA/2013 - 05 Emitida em: 10/05/2018

Instruir o GRAER-BA, no sentido de que sejam instaladas placas de aviso em local visível dos CTA, com base na Nota 1 do item 5.7 da ABNT NBR15216, alertando os seus operadores quanto à restrição ao uso de combustível aditivado.

A-191/CENIPA/2013 - 06 Emitida em: 10/05/2018

Assegurar-se de que a operação dos caminhões tanques abastecedores (CTA) ocorra em consonância com as instruções contidas nos manuais de instrução dos elementos

monitores de combustível que os equipa, notadamente, no se refere ao monitoramento da pressão diferencial de combustível aplicada aos filtros monitores desses veículos.

A-191/CENIPA/2013 - 07 **Emitida em: 10/05/2018**

Assegurar-se de que a construção e a operação dos CTA atendam às instruções contidas na ABNT NBR 13310, notadamente, no que se refere à instalação do manômetro de pressão diferencial ou de outro meio que permita a leitura direta desse parâmetro.

5. AÇÃO CORRETIVA OU PREVENTIVA JÁ ADOTADA.

Confeccionado a DIVOP 010/2014 alertando os diversos operadores aeropoliciais suportados por caminhões tanques abastecedores (CTA), dentre outros aspectos, sobre a necessidade da fiel observância das recomendações contidas no *Form* 1839-R20 03/13.

Em, 10 de maio de 2018.