

COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



RELATÓRIO FINAL
A-157/CENIPA/2018

OCORRÊNCIA:	ACIDENTE
AERONAVE:	PR-PMT
MODELO:	A109E
DATA:	11OUT2018



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 Final foi disponibilizado à ANAC e ao DECEA para que as análises técnico-científicas desta investigação sejam utilizadas como fonte de dados e informações, objetivando a identificação de perigos e avaliação de riscos, conforme disposto no Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil (PSO-BR).

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-PMT, modelo A109E, ocorrido em 11OUT2018, classificado como “[LOC-I] Perda de controle em voo” e “[ARC] Contato anormal com a pista”.

Na fase final da manobra de aproximação para pouso no Heliporto Iporanga-Guarujá (SJNN), Guarujá, SP, o helicóptero perdeu altura de forma anormal e chocou-se contra o solo.

A aeronave teve danos substanciais.

Todos os ocupantes saíram ilesos.

Houve a designação de Representantes Acreditados do *Transportation Safety Board* (TSB) - Canadá, Estado de fabricação dos motores e da *Agenzia Nazionale per la Sicurezza del Volo* (ANSV) - Itália, Estado de fabricação da aeronave.

ÍNDICE

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS	5
1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....	7
1.1. Histórico do voo.....	7
1.2. Lesões às pessoas.....	7
1.3. Danos à aeronave.	7
1.4. Outros danos.....	7
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.	9
1.6. Informações acerca da aeronave.	9
1.7. Informações meteorológicas.	9
1.8. Auxílios à navegação.	11
1.9. Comunicações.....	11
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	12
1.11. Gravadores de voo.....	12
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.	13
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.	14
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	14
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.	15
1.18. Informações operacionais.	16
1.19. Informações adicionais.....	19
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	24
2. ANÁLISE.....	24
3. CONCLUSÕES.....	29
3.1. Fatos.	29
3.2. Fatores contribuintes.....	29
4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA	31
5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....	31

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANSV	<i>Agenzia Nazionale per la Sicurezza del Volo</i>
BKN	<i>Broken (5 and 7 oktas) - Nublado (5 e 7 oitavos)</i>
BR	<i>Mist - Nevoa Úmida</i>
CG	Centro de Gravidade
CIV	Caderneta Individual de Voo
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
CVR	<i>Cockpit Voice Recorder - gravador de voz da cabine</i>
CTP	Caixa de Transmissão Principal
DB	Diário de Bordo
DZ	<i>Drizzle - Chuvisco</i>
EASA	<i>European Union Aviation Safety Agency</i>
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FEW	<i>Few (1 and 2 oktas) - Poucas Nuvens (1 a 2 oitavos)</i>
FL	<i>Flight Level - Nível de Voo</i>
HOGE	<i>Hover Out of Ground Effect - pairado fora do efeito solo</i>
IAE	Instituto de Aeronáutica e Espaço
IAM	Inspeção Anual de Manutenção
IAS	<i>Indicated Air Speed - velocidade indicada</i>
IFRH	Habilitação de Voo por Instrumentos - Helicóptero
IMC	<i>Instrument Meteorological Conditions - condições meteorológicas de voo por instrumentos</i>
INVH	Habilitação de Instrutor de Voo - Helicóptero
MCA	Manual do Comando da Aeronáutica
METAR	<i>Meteorological Aerodrome Report - reporte meteorológico de aeródromo</i>
MTOW	<i>Maximum Takeoff Weight - peso máximo de decolagem</i>
HMLT	Habilitação de Helicóptero Multimotor a Turbina
IGE	<i>In Ground Effect - dentro do efeito solo</i>
OGE	<i>Out Of Ground Effect - fora do efeito solo</i>
OM	Organização de Manutenção
OVC	<i>Overcast (8 oktas) - Encoberto (8 oitavos)</i>
P&WC	<i>Pratt & Whitney Canada</i>
PIC	<i>Pilot in Command - piloto em comando</i>
PCH	Licença de Piloto Comercial - Helicóptero
PLH	Licença de Piloto de Linha Aérea - Helicóptero

PPH	Licença de Piloto Privado - Helicóptero
RA	<i>Rain</i> - Chuva
RBAC	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
RBHA	Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica
RFM	<i>Rotorcraft Flight Manual</i> - manual de voo de helicóptero
SBST	Designativo de localidade - Aeródromo de Santos, SP
SC	<i>Stratocumulus</i>
SCT	<i>Scattered (3 and 4 oktas)</i> - dispersas (3 e 4 oitavos)
SDPT	Designativo de localidade - Heliponto Parque Paulista, São Paulo, SP
SGSO	Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional
SH	<i>Showers</i> - Pancadas
SIAV	Designativo de localidade - Heliponto Helipark, Carapicuíba, SP
SIC	<i>Second in Command</i> - segundo em comando
SIGWX	<i>Significant Weather Chart</i> - carta de tempo significativo
SJNN	Designativo de localidade - Heliponto Iporanga-Guarujá, SP
SN	<i>Serial Number</i> - número de série
ST	<i>Stratus</i>
TCU	<i>Towering-Cumulus</i> - Cumulus Encastelados
TPP	Categoria de Registro Privada - Serviços Aéreos Privados
TSB	<i>Transportation Safety Board</i> - Canada
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> - tempo universal coordenado
VFR	<i>Visual Flight Rules</i> - regras de voo visual
VMC	<i>Visual Meteorological Conditions</i> - condições meteorológicas de voo visual
VRS	<i>Vortex Ring State</i> - estado de anéis de vórtice

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	Modelo: A109E Matrícula: PR-PMT Fabricante: <i>Agusta Westland</i>	Operador: Band Participações e Gestão Ltda.
Ocorrência	Data/hora: 11OUT2018 - 21:00 (UTC) Local: Heliponto Iporanga-Guarujá (SJNN) Lat. 23°53'17"S Long. 046°10'18"W Município - UF: Guarujá - SP	Tipo(s): [LOC-I] Perda de controle em voo [ARC] Contato anormal com a pista Subtipo(s): NIL

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Heliponto Parque Paulista (SDPT), São Paulo, SP, por volta das 20h30min (UTC), com destino ao Heliponto Iporanga-Guarujá (SJNN), Guarujá, SP, a fim de realizar um voo privado de transporte de passageiros, com dois pilotos e cinco passageiros a bordo.

Na fase final da manobra de aproximação para pouso no heliponto, o helicóptero perdeu altura de forma anormal e chocou-se contra o solo.



Figura 1 - Vista do PR-PMT no local do acidente.

A aeronave teve danos substanciais. Os pilotos e os passageiros saíram ilesos.

1.2. Lesões às pessoas.

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	-	-	-
Graves	-	-	-
Leves	-	-	-
Ilesos	2	5	-

1.3. Danos à aeronave.

Houve a colisão das pás do rotor principal contra o solo, bem como a quebra das articulações junto à cabeça do rotor.

Além disso, ocorreu a quebra do trem de pouso principal esquerdo, danos à fuselagem, sobretudo em sua parte inferior, e perfuração do cone de cauda.

1.4. Outros danos.

Houve dano no sistema de balizamento do heliponto (Figura 2).



Figura 2 - Danos no balizamento do heliponto.

1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.

1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.

Horas Voadas		
Discriminação	PIC	SIC
Totais	6.000:00	495:00
Totais, nos últimos 30 dias	02:30	02:30
Totais, nas últimas 24 horas	00:40	00:40
Neste tipo de aeronave	2.000:00	200:00
Neste tipo, nos últimos 30 dias	02:30	02:30
Neste tipo, nas últimas 24 horas	00:40	00:40

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

1.5.2. Formação.

O Piloto em Comando (PIC) realizou o curso de Piloto Privado - Helicóptero (PPH) na Escola Santana de Pilotagem, em São Paulo, SP, no ano de 1984.

O Piloto Segundo em Comando (SIC) realizou o curso de PPH na Escola de Pilotagem Unifly, em Arujá, SP, no ano de 2011.

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

O PIC possuía licença de Piloto de Linha Aérea - Helicóptero (PLH) e estava com as habilitações de Helicóptero Multimotor a Turbina (HMLT), de Voo por Instrumentos - Helicóptero (IFRH) e de Instrutor de Voo - Helicóptero (INVH) válidas.

O SIC possuía licença de Piloto Comercial - Helicóptero (PCH) e estava com sua habilitação HMLT válida.

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 Médicos Aeronáuticos (CMA) válidos.

1.6. Informações acerca da aeronave.

A aeronave, modelo A109E, com rotor articulado, de *Serial Number* (SN) 11101, foi fabricada pela *Agusta Westland*, em 2000, e estava inscrita na Categoria de Registro Privada - Serviços Aéreos Privados (TPP).

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

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

As últimas inspeções da aeronave, dos tipos “Inspeção Anual de Manutenção (IAM) e 200 horas / 12 meses de célula”, foram concluídas em 10OUT2018, um dia antes da ocorrência. As inspeções foram realizadas pela Organização de Manutenção (OM) Helipark Táxi Aéreo e Manutenção Aeronáutica Ltda., em Carapicuíba, SP, estando a aeronave com 40 minutos voados após a inspeção.

Dentre os serviços executados, foi realizada a troca das células dos tanques de combustível da aeronave, em função de uma queixa do proprietário quanto à presença de cheiro de combustível na cabine de passageiros. Segundo o parecer da OM, tratava-se de um processo natural de desgaste dos tanques da aeronave, que permitia a saída de vapor de combustível.

Foram cumpridos dois voos de experiência para liberação da aeronave após a inspeção. Ambos foram conduzidos pela mesma tripulação do voo da ocorrência.

No primeiro deles, a tripulação relatou uma discrepância no controle de arfagem. Segundo seu relato, havia uma “pequena folga no cíclico”, que era algo que já havia sido reportado previamente à inspeção de manutenção. Findo o primeiro voo de experiência, a OM buscou solucionar o problema relatado, liberando a aeronave para uma nova verificação.

No segundo voo de experiência, a tripulação se deu por satisfeita e o processo de manutenção foi dado por concluído. Não havia, entretanto, qualquer lançamento no Diário de Bordo (DB) da aeronave acerca de tal discrepância.

Já na caderneta de célula da aeronave, Partes II e III, havia os lançamentos de todos os reparos e substituições realizados no decorrer da inspeção, incluindo aqueles relativos ao sistema de controle de arfagem da aeronave, porém sem o detalhamento sobre tais intervenções informando se foram feitas antes ou depois da queixa dos pilotos por ocasião do primeiro voo de experiência (folga no cíclico).

1.7. Informações meteorológicas.

A localidade da ocorrência era desprovida de serviço meteorológico.

O horário do pôr do sol para a localidade de Santos era às 21h10min (UTC).

A carta de Tempo Significativo (SIGWX) produzida às 21h02min (UTC), do dia 11OUT2018, aproximadamente no mesmo horário da ocorrência e com validade até às 12h00min (UTC) do dia 12OUT2018, indicava presença de sistema frontal sobre o oceano.

Esse sistema apontava a possibilidade de existência dos seguintes fenômenos meteorológicos na localidade de destino:

- camada de nuvens *Stratus* (ST) com cobertura de 5 a 7 oitavos (BKN), entre os níveis FL010 e FL015;
- camada de nuvens *Stratocumulus* (SC) com cobertura de 5 a 7 oitavos (BKN), entre os FL015 e FL060;

- nuvens *Towering-Cumulus* (TCU) com cobertura de 1 a 2 oitavos (FEW) e desenvolvimento, entre os níveis FL025 e FL210;
- Chuva (RA) e Pancadas de Chuva (SHRA), entre outros (Figura 3).

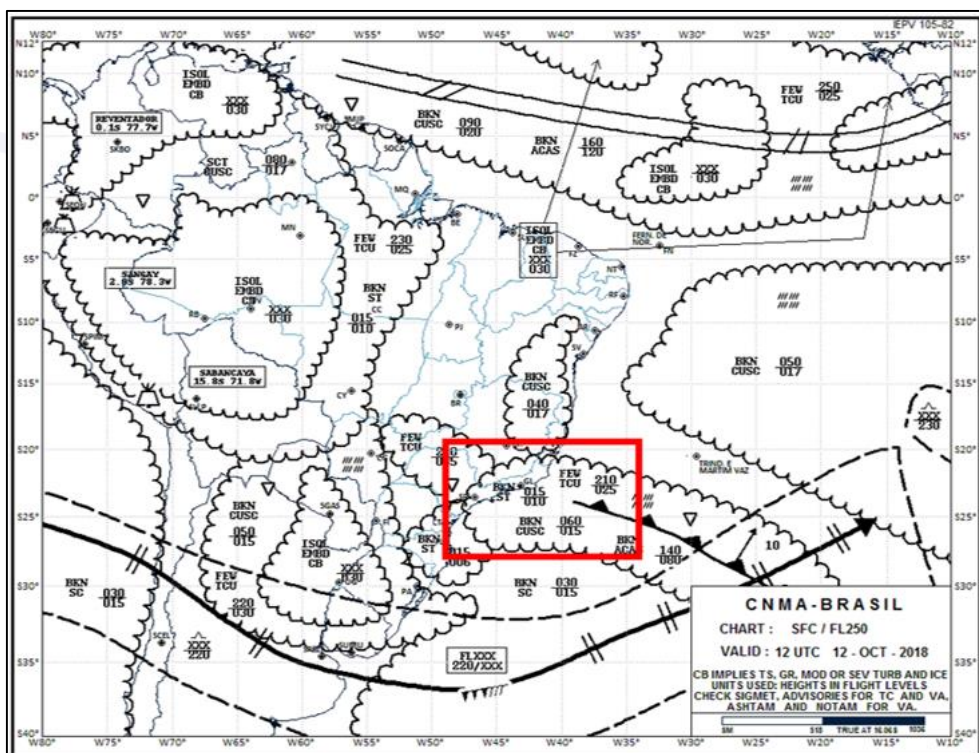


Figura 3 - Carta SIGWX com validade até 12h00min (UTC) de 12OUT2018.

Fonte: REDEMET.

O *Meteorological Aerodrome Report* (METAR - reporte meteorológico de aeródromo) das 21h00min (UTC), de 11OUT2018, do Aeródromo de Santos (SBST), localizado também na cidade do Guarujá, SP, distante aproximadamente 7 NM do local de pouso registrava o seguinte:

METAR SBST 112100Z 19007KT 2000 - DZ BR BKN007 OVC009 20/20 Q1018.

Vento com direção de 190°, velocidade de 7 kt, visibilidade 2.000 m, chuvisco (DZ), névoa úmida (BR), nublado (BKN) a 700 ft de altura e encoberto (OVC) a 900 ft de altura.

A tripulação relatou presença de chuva na vertical de SJNN, cobertura de nuvens abaixo da altura dos morros que formavam o vale, turbulência moderada e vento para pouso estimado nulo.

A região onde estava localizado o heliponto de pouso era propícia à formação de turbulência orográfica.

Sobre isso, o *Chapter 12 - Weather Theory* da *Federal Aviation Administration* (FAA), registrava que, enquanto o vento flui suavemente pelo lado de barlavento da montanha e as correntes ascendentes ajudam a transportar uma aeronave acima do pico de montanha, o vento de sotavento não atua da mesma forma. À medida que o ar flui para o lado de sotavento da montanha, o ar que acompanha o contorno do terreno é cada vez mais turbulento. Isso tende a empurrar uma aeronave para baixo. Quanto mais forte o vento, maior será a razão descendente e a intensidade da turbulência (Figura 4).



Figura 4 - Turbulência em região montanhosa. Fonte: adaptado *Chapter 12 - Weather Theory* - FAA.

Devido ao efeito que o terreno tem sobre o vento em vales ou desfiladeiros, as correntes descendentes podem ser graves. Antes de realizar um voo em/ou perto de terreno montanhoso, é recomendado a um piloto, não familiarizado com a operação em área montanhosa, realizar um voo de instrução com um instrutor de voo qualificado.

A Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 100-4, Regras e Procedimentos Especiais de Tráfego Aéreo Para Helicópteros, em vigor à época, estabelecia que:

3 REGRAS DE VOO VISUAL

3.1 CRITÉRIOS GERAIS

3.1.1 Dentro de espaço aéreo controlado, o voo VFR de helicóptero realizar-se-á somente quando, simultânea e continuamente, puderem ser cumpridas as seguintes condições:

- a) manter-se em condições de visibilidade de voo iguais ou superiores a 3000 m;
- b) permanecer, no mínimo, a 1500 m horizontalmente e 500 ft verticalmente de nuvens ou qualquer outra formação meteorológica de opacidade equivalente; e
- c) manter referência com solo ou água, de modo que as formações meteorológicas, abaixo do nível de voo, não obstruam mais da metade da área de visão do piloto.

3.1.2 Fora do espaço aéreo controlado, acima de 3000 ft de altitude ou 1000 ft de altura sobre o terreno, o que resultar maior, o voo VFR de helicóptero realizar-se-á somente quando, simultânea e continuamente, puderem ser cumpridas as seguintes condições:

- a) manter-se em condições de visibilidade de voo iguais ou superiores a 3000 m;
- b) permanecer, no mínimo, a 1500 m horizontalmente e 500 ft verticalmente de nuvens ou qualquer outra formação meteorológica de opacidade equivalente; e
- c) manter referência com solo ou água, de modo que as formações meteorológicas, abaixo do nível de voo, não obstruam mais da metade da área de visão do piloto.

3.1.3 Fora do espaço aéreo controlado, abaixo de 3000 ft de altitude ou 1000 ft de altura sobre o terreno, o que resultar maior, o voo VFR de helicóptero realizar-se-á somente quando, simultânea e continuamente, puderem ser cumpridas as seguintes condições:

- a) manter-se em condições de visibilidade de voo iguais ou superiores a 1000 m, desde que a velocidade de voo seja suficiente para ser visto e evitado o tráfego ou qualquer obstáculo com tempo suficiente para se prevenir uma colisão; e
- b) permanecer afastado de nuvens e manter referência com solo ou água.

1.8. Auxílios à navegação.

Nada a relatar.

1.9. Comunicações.

Não houve anormalidade técnica nos equipamentos de comunicação durante o voo.

1.10. Informações acerca do aeródromo.

O Heliporto SJNN era privado, possuía dimensões de 21 x 21 m, elevação de 30 ft e operava sob Regras de Voo Visual (VFR), nos períodos diurno e noturno.

As características geográficas nos arredores do heliporto limitavam o sentido do eixo de aproximação e dificultavam a possibilidade de arremetida, em função das elevações no terreno. A aproximação deveria ser executada, prioritariamente, pelo setor sudoeste.

Próximos ao heliporto, havia um canal como limite anterior da área de pouso, uma estrada como limite posterior, bem como uma fileira de árvores na lateral esquerda e uma área de estacionamento de helicópteros à direita.

Após a estrada (limite posterior), no prolongamento do eixo da aproximação, havia uma elevação de aproximadamente 200 m de altura (morro entre o heliporto e o litoral) (Figura 5).



Figura 5 - Visão dos obstáculos nos arredores do heliporto, no sentido de aproximação
Fonte: adaptado Google Earth.

Antes do canal (limite anterior da aproximação), existia uma elevação (integrante da Serra do Mar), obrigando que a aproximação fosse realizada a partir do interior do vale, porém em sentido perpendicular a este (Figura 6).



Figura 6 - Corte lateral da aproximação realizada pelo PR-PMT. Fonte: adaptado Google Earth.

1.11. Gravadores de voo.

Não requeridos e não instalados.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

O primeiro contato com o solo ocorreu com o trem de pouso principal esquerdo em área gramada anterior à área de pouso (pequena elevação em relação ao nível do canal), com acentuada razão de descida e fuselagem ligeiramente inclinada à direita, em relação ao sentido de pouso.

Houve a quebra da perna esquerda do trem de pouso e contato do rotor principal com o solo. A aeronave girou em torno de seu eixo vertical no sentido anti-horário e manteve pequeno deslocamento à frente, até a parada final na lateral esquerda do heliponto. Nesse processo, ocorreu variação de proa de, aproximadamente, 135° em relação à direção da aproximação.

Todas as pás do rotor principal foram severamente danificadas, houve torção significativa da célula da aeronave, evidenciada pelo desalinhamento das portas e perfuração no cone de cauda, causada por material desprendido do rotor principal (Figura 7).



Figura 7 - Vista dos danos às pás do rotor principal.

1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.

1.13.1. Aspectos médicos.

Não houve evidência de que ponderações de ordem fisiológica ou de incapacitação tenham afetado o desempenho dos tripulantes.

1.13.2. Informações ergonômicas.

Nada a relatar.

1.13.3. Aspectos Psicológicos.

O PIC estava há 26 anos na atividade aérea, possuía vasta experiência na aeronave do acidente e na rota realizada. Ele se considerava um profissional que valorizava a segurança de voo.

O PIC trabalhava há um ano e dois meses com o proprietário da aeronave. Ele relatou que, antes do voo, informou ao proprietário que aquele momento não era ideal para o voo devido à meteorologia na rota. Porém, o proprietário telefonou várias vezes falando que esse voo teria que acontecer para cobrir as horas de voo que estava devendo para a

empresa gestora do programa de compartilhamento de frota (conforme detalhado no item 1.17 - Informações organizacionais e de gerenciamento).

Segundo relato do PIC, esse tipo de atendimento, voo com meteorologia degradada, ocorria com frequência na aviação executiva. Motivado pelo temor de perda do emprego, mesmo se sentindo desconfortável, o PIC decidiu realizar o voo.

Os pilotos participaram de todas as demandas operacionais antes do voo, incluindo o voo de experiência para a aeronave ser liberada pela organização de manutenção, onde permaneceu por dois meses. Em todo esse processo o proprietário frisava que o voo deveria ocorrer.

O PIC declarou que não estava passando por qualquer problema pessoal, familiar e/ou social e não enfrentava nada relacionado a sua saúde física e mental nos últimos meses. Informou que estava há mais de um mês sem voar. Porém, estava feliz por ter voltado naquele dia. Na sua rotina, não costumava voar todos os dias.

O SIC possuía 200 horas no modelo, relatou que possuía bom gerenciamento de cabine com o PIC e prezava pela segurança de voo. Ele relatou que estava bem com a família, não vivenciando qualquer conflito pessoal ou familiar.

1.14. Informações acerca de fogo.

Não houve fogo.

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

Os tripulantes e os passageiros abandonaram a aeronave por meios próprios.

1.16. Exames, testes e pesquisas.

Após o acidente, foram enviadas para a Subdivisão de Propulsão Aeronáutica (APR-A), do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), duas amostras de querosene de aviação e de óleo lubrificante.

Os resultados obtidos nos ensaios físico-químicos das duas amostras de combustível querosene de aviação estavam de acordo com a sua especificação e não apresentaram indícios de contaminação. Os resultados obtidos no ensaio de viscosidade a 100° C da “amostra óleo-2” revelaram que ela estava ligeiramente acima da sua especificação. A análise não apontou qualquer contribuição desse fator para a ocorrência em tela.

Foi realizado teste no sistema de combustível da aeronave, com o intuito de detectar eventual interrupção no fluxo de combustível para os motores. Não foi observado pela Comissão de Investigação qualquer anormalidade na linha de combustível e de seu fluxo.

Da mesma forma, na empresa Leonardo, em Osasco, SP, foi realizada a desmontagem da Caixa de Transmissão Principal (CTP) que equipava a aeronave e a análise interna de seus componentes, com o objetivo de detectar eventual falha de funcionamento que pudesse ter interferido na transmissão de rotação dos motores para o rotor principal.

As partes internas da CTP aparentavam bom estado, sem danos visuais. O componente apresentava-se com óleo sem degradação aparente e com os *O-rings* íntegros. Não foi encontrada limalha nos detectores. Não foram observados aspectos presentes nesta CTP que tenham contribuído para a ocorrência.

Os motores, modelo PW206C, SN: PCE-BC0212 e PCE-BC0211, respectivamente, que equipavam o PR-PMT, foram removidos e enviados para o Centro de Serviços *Pratt & Whitney Canada* (P&WC) em *Saint-Hubert*, Quebec, Canadá, onde foram inspecionados e testados com a presença de representantes da fabricante dos motores e do TSB.

As inspeções visuais e boroscópicas de ambos os motores, BC0211 e BC0212, não apresentaram anomalias. Não houve evidência de danos em nenhum dos motores.

Durante análise em banco de provas, os motores não apresentaram anormalidades nos vários regimes de potência aos quais eles foram submetidos.

Assim sendo, os resultados dos testes, pesquisas e exames concluíram que não havia indícios de quaisquer problemas ou anormalidades durante o voo, objeto da análise desta investigação.

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

A aeronave era operada de acordo com as regras da categoria de Serviços Aéreos Privados. A maioria dos voos era realizada em viagens do proprietário ou de pessoas próximas a ele. O perfil dos voos anterior ao do acidente era quase sempre o mesmo: poucos passageiros (dois ou três), com a aeronave operando dentro dos limites de peso e balanceamento.

A aeronave ficou indisponível por um período de, aproximadamente, setenta dias, para realização de uma troca dos tanques de combustível e execução das manutenções programadas.

Nesse período, o proprietário da aeronave ingressou no programa de compartilhamento de frota, passando a realizar suas viagens em outras aeronaves do programa.

Ao término desse intervalo de tempo, o proprietário iria ressarcir, ao programa de compartilhamento, as horas por ele voadas em outras aeronaves do programa.

Na época do acidente, não havia requisitos estabelecidos pela Agência Reguladora para operações de aeronaves de propriedade compartilhada. Apenas em 11FEV2021, por meio da Resolução nº 606, foi incluída no Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 91, a Subparte K estabelecendo os requisitos para esse tipo de operação:

91.1009 Esclarecimento sobre controle operacional

(a) O controle operacional é sempre exercido pelo administrador de programa, que deverá constar como operador das aeronaves constantes do programa junto ao RAB, mesmo quando o voo estiver sendo realizado em benefício de um cotista.

Também ficaram definidos, na Subparte K, os requisitos para implementação do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO) nas empresas que realizavam este tipo de operação, aumentando a segurança operacional das operações com aeronaves de propriedade compartilhada.

Assim, dentro do programa de compartilhamento de frota, o primeiro desses voos estava marcado para uma véspera de feriado (final de semana estendido). Para realização desse voo, era necessário que a aeronave estivesse liberada pela OM, condição que incluía aprovação no voo de experiência.

Foi relatado que o proprietário da aeronave estava empenhado em garantir que as etapas finais do processo de manutenção não se estendessem além do previsto, de forma a não atrapalhar a realização do voo programado.

A aeronave foi aprovada no último dos voos de experiência e finalizou o processo de manutenção um dia antes da data programada para o voo.

De acordo com o PIC, a grande ênfase dada pelo proprietário na importância de cumprir o voo de ressarcimento pode ter contribuído para a aceitação da aeronave no voo de experiência, sem que o problema no controle de arfagem, segundo ele, estivesse completamente resolvido.

No dia seguinte, a aeronave foi transladada do Heliponto Helipark (SIAV), para o Heliponto Parque Paulista (SDPT), onde foram embarcados os passageiros para o voo no dia da ocorrência: uma família de cinco pessoas e dois animais de estimação de porte médio.

Novamente, foi relatado que o proprietário da aeronave constantemente manifestava seu desejo de que aquele voo, o primeiro em atendimento a outros participantes do programa de compartilhamento de frota, não sofresse qualquer atraso/cancelamento que pudesse prejudicar seu compromisso (proprietário) com a empresa gestora do programa.

Todo planejamento e demandas operacionais para esse voo foram transmitidas pelo proprietário da aeronave diretamente aos pilotos. A tripulação só teve conhecimento da quantidade exata de passageiros durante o embarque para o voo.

1.18. Informações operacionais.

A aeronave realizou um voo VFR de, aproximadamente, trinta minutos entre as cidades de São Paulo e Guarujá, seguindo as rotas de voo de helicóptero entre as duas localidades. Um trecho do voo foi feito em Condições Meteorológicas de Voo por Instrumentos (IMC). Durante a descida para o destino, realizada sobre o mar, as Condições Meteorológicas de Voo Visual (VMC) foram restabelecidas.

A aeronave adentrou a região do vale sobre o curso do canal, seguiu na altura do circuito de tráfego (500 ft sobre o terreno) até o heliponto.

A aproximação foi realizada na direção aproximada de 200° e com velocidade menor que a prevista (cerca de 30 kt), em virtude da chuva leve que ocorria no momento. A tripulação realizou todas as verificações necessárias antes do pouso.

Na curta final para pouso, a tripulação percebeu uma condição anormal no controle, juntamente com uma redução no barulho produzido pelo rotor e um afundamento abrupto da aeronave.

O PIC relatou a sensação de que, nesse momento, a velocidade da aeronave à frente havia diminuído e os comandos ficaram “lentos” (resposta demorada em relação à uma condição normal de voo). Sua reação foi a de manter a posição de coletivo e comandar cíclico à frente para aumentar a velocidade e poder alcançar o heliponto, pois ainda se encontrava sobre o canal. Na iminência do contato com o solo, comandou a amplitude máxima do coletivo, na tentativa de diminuir a razão de descida.

O SIC relatou ter rapidamente checado os instrumentos da aeronave, bem como o painel de alarmes, mas não percebeu qualquer mensagem anunciada.

A colisão da aeronave contra o solo se deu com o trem de pouso principal esquerdo em área gramada anterior à área de pouso, com elevada razão de descida e com fuselagem ligeiramente desalinhada à direita, em relação ao sentido de pouso.

Após a parada total da aeronave, novamente os instrumentos foram checados, inclusive os instrumentos dos motores. No entanto, não foram percebidas anormalidades nos parâmetros checados e não havia mensagens anunciadas no painel de alarmes e avisos.

A tripulação efetuou o procedimento de corte dos motores e evacuou os passageiros da aeronave.

De acordo com os cálculos efetuados pela Comissão de Investigação, com base nos dados fornecidos pela tripulação, estimou-se que a aeronave decolou de SDPT com 2.966 kg, ou seja, 116 kg acima do Peso Máximo de Decolagem (MTOW) de 2.850 kg e fora dos limites longitudinais do Centro de Gravidade (CG).

Com base no combustível remanescente nos tanques (248 kg), calculou-se que, no momento do acidente, o helicóptero estaria com 2.864 kg, ou seja, 14 kg acima do limite de peso e ainda fora dos limites longitudinais do CG (Figura 8).

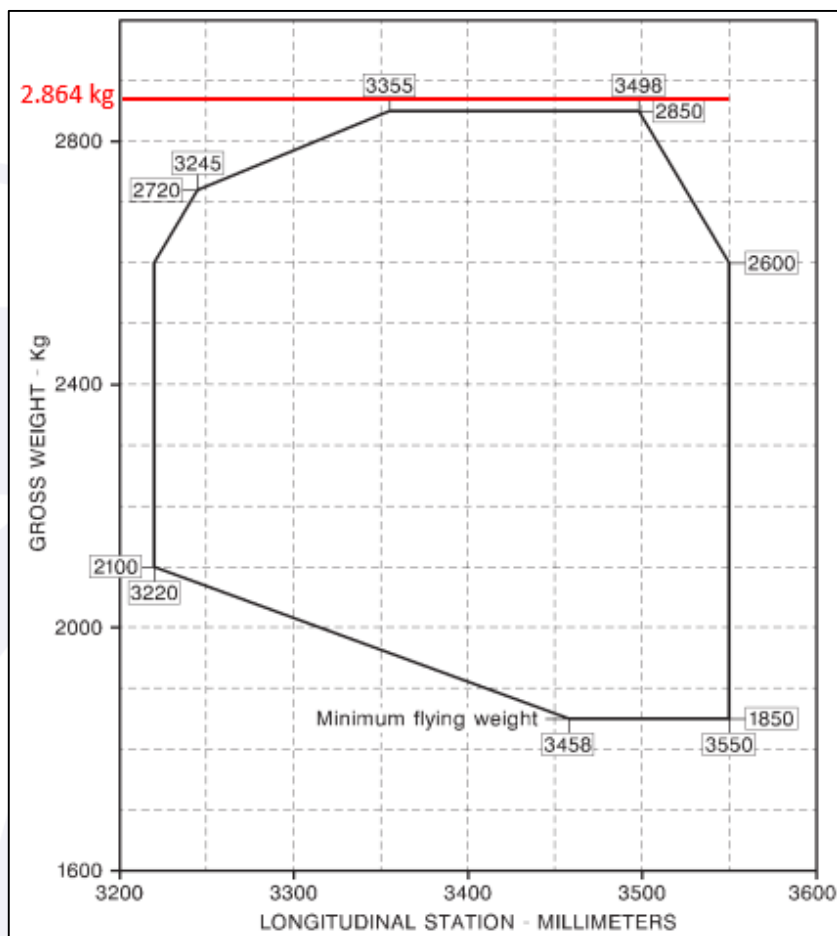


Figura 8 - Limites longitudinais do CG do A109E. Fonte: *Rotorcraft Flight Manual (RFM) A109E*.

Assim sendo, a aeronave estava acima dos limites de peso e fora dos limites do centro de gravidade tanto na decolagem de SDPT como no pouso em SJNN.

Por meio do gráfico *Hovering ceiling - out of ground effect - take-off power* (Teto de Voo Pairado - fora do efeito solo - potência de decolagem), disponível na página 4-14, *Section 4 - Performance Data*, do Agusta-A109E-RFM, evidenciou-se que o peso de 2.864 kg, calculado no momento do pouso, seria um indicativo de que o PR-PMT realizou aproximação com 14 kg acima do limite de peso máximo para pouso.

Para tanto, foram utilizados os seguintes parâmetros: aeronave em voo pairado fora do efeito solo (OGE), a altitude pressão de 90 ft, considerando a altitude do campo de 30 ft para SJNN, temperatura de 20° C, peso da aeronave 2.864 kg, potência de decolagem, 102% RPM do rotor e vento nulo (Figura 9).

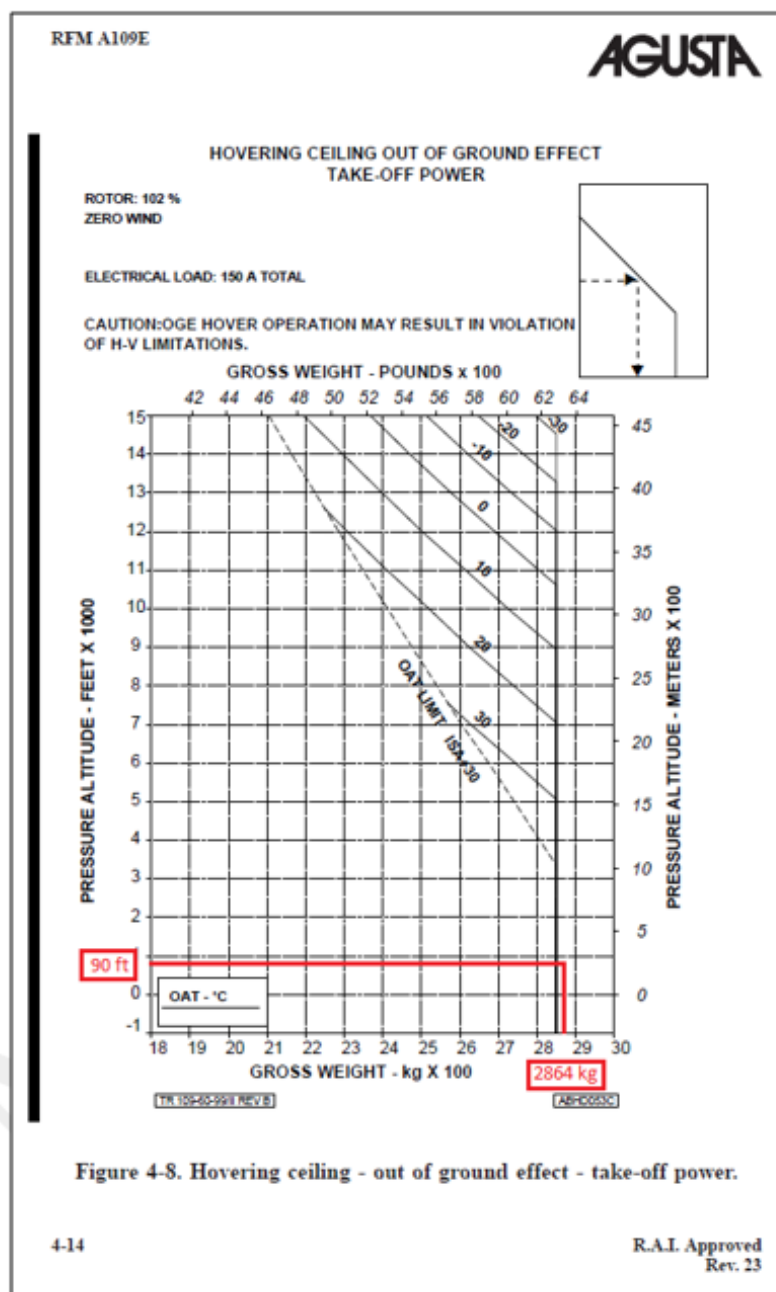


Figura 9 - Cálculo de pairado OGE para o PR-PMT no momento da ocorrência. Fonte: RFM A109E.

A análise do gráfico *Hovering ceiling - in ground effect - take-off power*; (Teto de pairado - dentro do efeito solo - potência de decolagem), constante na página 4-11 da *Section 4 - Performance Data*, do *Agusta-A109E-RFM*, para uma altura de pairado dentro do efeito solo (IGE) de 3 ft de altura, considerando a altitude do campo de 30 ft, também revelou que a tentativa de pouso com 2.864 kg, foi realizada com a aeronave acima do limite de peso previsto (Figura 10).

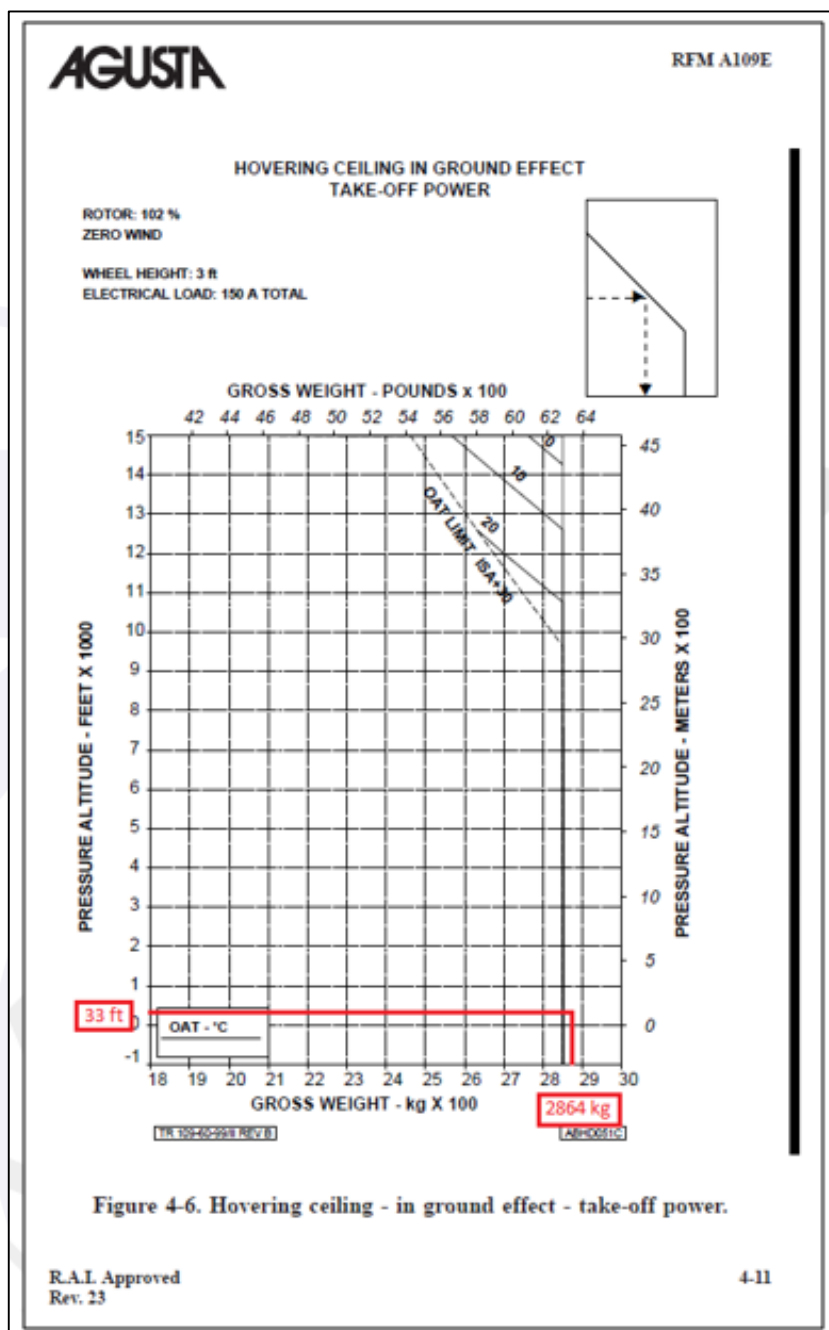


Figura 10 - Cálculo de pairado IGE para o PR-PMT no momento da ocorrência.

Fonte: RFM A109E.

1.19. Informações adicionais.

O Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) nº 91 - Regras Gerais de Operação para Aeronaves Civis, em vigor na data do acidente, estabelecia que:

91.7 - AERONAVEGABILIDADE DE AERONAVE CIVIL

(a) Nenhuma pessoa pode operar uma aeronave civil, a menos que ela esteja em condições aeronavegáveis.

(b) O piloto em comando de uma aeronave civil é responsável pela verificação das condições da aeronave quanto à segurança do voo. Ele deve descontinuar o voo quando ocorrerem problemas de manutenção ou estruturais degradando a aeronavegabilidade da aeronave.

O Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 3-6 - Manual de Investigação do SIPAER, de 2017, no item 9.6.11.1.13 - Centro de Gravidade - CG destacava que:

[...]

operar acima do peso máximo compromete a integridade estrutural e afeta o desempenho do helicóptero. Em determinadas condições de voo, o helicóptero pode não possuir capacidade de voar com o peso máximo de decolagem descrito no manual. Alguns centímetros na distribuição da carga podem causar mudanças significativas no CG da aeronave, influenciando na pilotagem. Helicópteros possuem um peso máximo por área no piso, que é limitado pela estrutura da aeronave, e alguns possuem a capacidade de operar com cargas externas, aumentando o peso máximo de operação.

Em outro ponto, o Manual informava que:

[...]

em helicópteros com rotor totalmente articulado, o passeio do CG é menor, mas não tão restrito como nos rotores semirrígidos, os quais possuem um passeio de CG bastante pequeno. Esses rotores possuem o passeio de CG longitudinal maior que o passeio de CG lateral, e que o CG é afetado pela distribuição da tripulação, passageiros, carga e pelo consumo de combustível durante o voo.

O MCA alertava para o fato de que operar acima do peso máximo pode resultar em deformação estrutural ou falha, bem como submeter o helicóptero a fatores de carga excessivos. Rajadas de vento e turbulência também podem causar danos estruturais.

Ainda, segundo a publicação:

[...]

um carregamento inadequado ou mal distribuído, também diminui a manobrabilidade da aeronave. O comando cíclico é menos efetivo na direção oposta à posição do CG. Quando o CG se encontra exatamente na vertical do mastro, o helicóptero tende a manter o nariz na posição horizontal.

Por fim, o manual fazia considerações acerca do passeio do CG e suas implicações na operação do helicóptero:

Se o CG se desloca para frente do mastro, o nariz da aeronave tende a baixar. Um piloto muito pesado ou a ausência de peso na região atrás do mastro podem levar o CG à frente. Em altas velocidades, essa situação pode ser indesejada, levando o helicóptero a aumentar cada vez mais a sua velocidade.

Se os tanques de combustível forem localizados atrás do mastro, o peso na região traseira da aeronave irá diminuir à medida que o combustível for consumido, levando o CG ainda mais à frente e restringindo ainda mais a autoridade de comando cíclico para trás.

O CG à frente pode atingir um valor tal que, mesmo atuando no cíclico totalmente para trás, seja impossível parar a aeronave. Se essa situação ocorrer durante uma autorrotação, o piloto pode não dispor de autoridade de comando cíclico suficiente para realizar o flare com segurança, o que limitaria a posição do CG longitudinal durante o processo de certificação. Ventos fortes podem mascarar uma situação de CG à frente, por isso, é essencial avaliar a direção e intensidade do vento e sua relação com a autoridade de comando cíclico para trás.

Se o CG estiver muito atrás do mastro, o nariz tenderá a subir. Uma condição exagerada de CG à ré pode impossibilitar a manutenção de determinada velocidade à frente, devido às restrições na autoridade de comando cíclico para manter uma atitude de *nose down*.

Com relação ao peso e balanceamento, destaca-se que o seu controle é de responsabilidade do operador.

Operar um helicóptero acima do peso máximo pode comprometer o desempenho do helicóptero. Da mesma maneira que alterações na distribuição da carga podem causar mudanças significativas no CG da aeronave, influenciando diretamente na pilotagem.

O CG é afetado pela distribuição da tripulação, passageiros, carga e pelo consumo de combustível durante o voo.

Se os tanques de combustível forem localizados atrás do mastro, o peso na região traseira da aeronave irá diminuir, à medida que o combustível for consumido.

O MCA 3-6/2017 também ressaltava que estol de vórtice era a fase do voo descendente caracterizada pelo escoamento de ar instável através das pás do rotor.

Ele ocorria quando o helicóptero estava em velocidade inferior à de sustentação translacional, com razão de descida igual a aproximadamente $\frac{1}{4}$ da velocidade do *downwash* e comando de passo coletivo parcialmente aplicado.

Os efeitos do vórtice atingiam seu pico quando a razão de descida alcançava valores aproximadamente iguais a $\frac{3}{4}$ da velocidade induzida, provocando fortes vibrações e oscilações não comandadas de *pitch* (arfagem) e *roll* (rolamento), podendo chegar à perda de controle da aeronave.

Sobre o assunto, a FAA publicou, em 2000, o *Rotorcraft Flying Handbook*, no qual foi descrito que *Vortex Ring State* (VRS) ou *Settling With Power* é uma condição aerodinâmica, no qual um helicóptero vivencia uma descida vertical, mesmo com potência máxima aplicada, restando pouco ou nenhum comando de cíclico.

O termo *Settling With Power* vem do fato de o helicóptero continuar afundando mesmo com a aplicação da potência do motor.

Em um pairado normal fora do efeito do solo, o helicóptero é capaz de permanecer estacionário impulsionando uma grande massa de ar para baixo através do rotor principal. Parte do ar é recirculado perto das pontas das pás, formando anéis de vórtice em forma de espiral. Esse fenômeno é comum a todos os aerofólios e conhecido como vórtices de ponta de pá. Eles consomem a potência do motor, mas não são capazes de produzir sustentação.

Enquanto os vórtices de ponta de pá forem pequenos, seu único efeito é gerar uma pequena perda na eficiência do rotor. No entanto, quando o helicóptero começa a descer verticalmente com uma razão de descida maior, ele se acomoda em seu próprio ar turbilhonado, o que aumenta muito os vórtices de ponta de pá.

Nessa condição, a maior parte da energia desenvolvida pelo motor é desperdiçada na aceleração do ar em um “padrão de rosca” ao redor do rotor. Isso provoca uma instabilidade do fluxo de ar sobre uma grande área do disco rotor, fazendo com que a eficiência do rotor seja perdida, mesmo que a energia ainda esteja sendo fornecida do motor (Figura 11).

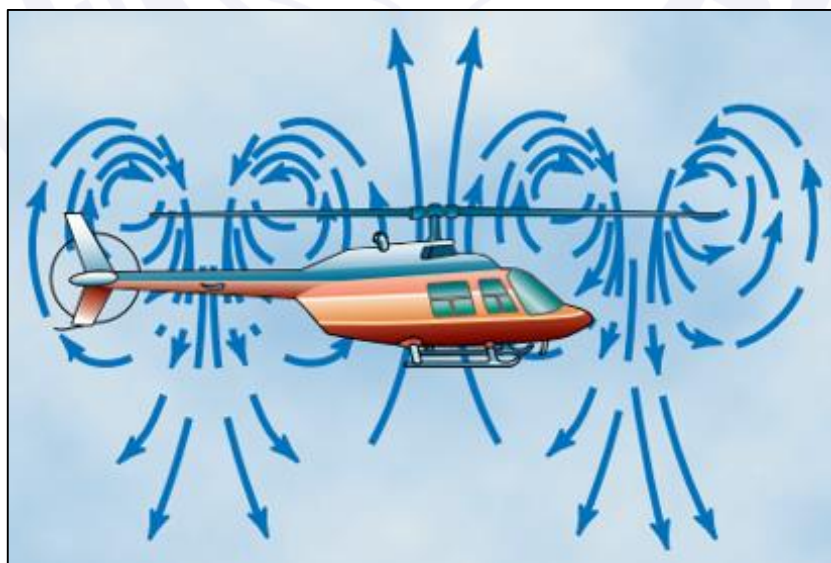


Figura 11 - *Vortex Ring State*. Fonte: *Rotorcraft Flying Handbook* (FAA).

Segundo o documento, o VRS vem acompanhado por níveis elevados de vibração e pode ocorrer durante qualquer manobra que coloque o rotor principal em uma condição de elevado fluxo de ar ascendente e baixa velocidade à frente.

A combinação das seguintes condições pode contribuir para o desenvolvimento do VRS: (tradução nossa)

- razão de descida vertical ou quase vertical de pelo menos 300 ft por minuto. (A taxa crítica real depende do peso bruto, RPM, altitude densidade e outros fatores pertinentes);
- o sistema do rotor principal deve estar empregando parte da potência disponível do motor (de 20 a 100%); e
- velocidade de deslocamento horizontal inferior à de sustentação translacional.

Algumas das situações a seguir também podem conduzir ao *Settling With Power*:

- tentativa de pairar fora do efeito solo em altura superior ao teto de pairado do helicóptero;
- tentativa de pairar fora do efeito solo sem manter o controle preciso da altura, ou com vento de cauda; e
- aproximações de grande ângulo com potência, nas quais a velocidade do ar cai para próximo de zero.

Quando o helicóptero começa a vibrar, uma aplicação adicional do coletivo aumenta tanto o nível de vibração quanto a razão de afundamento. Nesse sentido, a recuperação deve ser iniciada ao primeiro sinal do VRS, aplicando-se o cíclico à frente, para aumentar a velocidade, e, simultaneamente, reduzindo o coletivo.

A recuperação somente estará completa quando a aeronave passar pela velocidade de sustentação translacional e alcançar uma razão de subida estabilizada.

Por sua vez, em 07FEV2011, a *Eurocopter An Eads Company* havia publicado a *Safety Information Notice* N° 2335-S-00 que, entre outros temas, abordava a questão do VRS.

O documento destacava que o VRS era uma condição de voo com potência na qual o helicóptero "perdia" seu próprio fluxo de rotor. Como resultado, a razão de descida aumentava rapidamente, cerca de três vezes superior à anterior, para uma mesma potência do motor.

O VRS poderia ocorrer em caso de descida com potência em velocidade inferior a 30 kt e com uma razão de descida próxima da "velocidade de deflexão" do rotor principal. A velocidade de deflexão ou velocidade induzida era definida como a velocidade do fluxo de ar aspirado através do disco rotor.

Para um helicóptero de duas pás, com um diâmetro de rotor de 11 m e peso de 1.000 kg, a velocidade induzida era de 6,5m/s (1.300 ft/min).

Portanto, embora o VRS dependa do tipo de helicóptero e de seu peso, a razão de descida era geralmente considerada como perigosa quando excedia 500 ft/min.

Dentre os efeitos causados pelo estol de vórtice destacavam-se os seguintes:

- vibrações quando os vórtices deixam as extremidades das pás;
- comandos de arfagem e de rolagem menos suaves por causa do fluxo de ar instável que modifica constantemente o impulso e o momento do comando.

- flutuações na demanda de potência resultantes do fato de que modificações importantes do arrasto provocam variações no empuxo; e
- razão de descida anormalmente elevada quando o vórtice está em desenvolvimento e pode exceder 3.000 ft/min.

A recuperação do controle do helicóptero, segundo a *Safety Information Notice* N° 2335-S-00, poderia ser feita agindo sobre o cíclico e/ou coletivo. No entanto, de acordo com o sistema de rotor, uma ação somente no cíclico poderia ser insuficiente para modificar a atitude do helicóptero e aumentar a velocidade. Assim, para recuperar o controle do helicóptero, o coletivo deveria ser reduzido para o passo mínimo. Contudo, a perda de altura durante a recuperação do controle pela redução do passo coletivo poderia ser superior à perda correspondente de altura pela ação no cíclico, devido ao fato de que a razão de descida em autorrotação com baixa velocidade era muito alta.

Portanto, prosseguia a *Safety Information Notice*, as seguintes ações de recuperação do controle deveriam ser executadas ainda nos estágios iniciais do evento para minimizar a perda de altura, a saber:

- deslocar o cíclico efetivamente à frente para obter uma atitude de aceleração e aumentar a velocidade;
- recuperar o controle do helicóptero quando a Velocidade Indicada (IAS) atingir 40 kt; e
- se a velocidade não aumentar, diminuir o coletivo para entrar em autorrotação e depois deslocar o manche cíclico à frente, como necessário para aumentar a velocidade.

Basicamente, essas manobras, chamadas pelo fabricante de “técnicas clássicas”, recomendavam que, para escapar do VRS, o coletivo deveria ser abaixado (se necessário) e o cíclico movido à frente para sair da coluna de ar turbilhonado.

Pelo fato de as ações de recuperação do controle resultarem em perda de altura considerável, seria imperativo evitar o VRS, especialmente, quando próximo ao solo. Assim, deveria ser evitada uma razão de descida superior a 500 ft/min para uma velocidade inferior a 30 kt em voo com potência.

A publicação concluía afirmando que algumas operações deveriam ser executadas com extrema cautela, entre as quais destacavam-se o voo pairado fora do efeito solo e a aproximação com vento de cauda.

Ainda sobre o tema VRS, em 2022, a *European Union Aviation Safety Agency* (EASA) publicou a quarta edição do *Helicopter Flight Instructor Guide, Together4safety*, no qual o item 18b HOGE HAZARDS: VORTEX RING alertava para a necessidade de se reconhecer precocemente as condições que conduzem ao VRS para se evitar a entrada não intencional do helicóptero nessa condição.

Entre os aspectos abordados, o guia descrevia que um dos sintomas característicos era a sensação de flutuação, experimentada no caso de um “G” negativo. Mesmo com a aplicação do coletivo, não se tem a indicação de força “G” positiva. São também observadas alterações na vibração do helicóptero e acréscimo na razão de descida mesmo com aplicação do coletivo.

Assim, o *Together4safety* enumerava as seguintes situações nas quais o helicóptero poderia ser conduzido para a condição de VRS (tradução livre):

- pairado fora do efeito solo (HOGE) com não/intencional descida na vertical;
- aproximação de grande ângulo;

- aproximação com vento de cauda;
- transição da aproximação para o voo pairado;
- órbita a baixa velocidade (ex: durante voo fotográfico);
- recuperação de uma autorrotação; e
- rápida desaceleração e *flare* (com vento de cauda e em curva).

A publicação esclarecia que havia duas técnicas amplamente empregadas para viabilizar a recuperação do VRS.

A primeira, denominada técnica padrão recomendava as seguintes ações:

- reduzir o coletivo;
- levar o cíclico à frente de maneira suave, adotando uma atitude picada de nariz;
- manter a proa usando os pedais; e
- quando acima da velocidade de sustentação translacional, aplicar potência máxima contínua durante a subida.

A segunda, conhecida como *Vuichard Recovery Technique*, indicava o seguinte:

- aplicar o coletivo;
- manter a proa usando os pedais;
- aplicar lateralmente o cíclico no sentido do impulso do rotor de cauda; e
- assim que a descida cessar, aplique o cíclico à frente, suavemente para recuperar a velocidade.

No caso do A109E, seria recomendável comandar o cíclico para o lado da pá que avança, ou seja, para a direita. Nessa condição, a manutenção da proa seria feita com aplicação do pedal esquerdo, antitorque, gerando a tração para a direita.

Assim, essa técnica foi projetada para possibilitar a saída do VRS, por intermédio de um movimento lateral do helicóptero.

Ela poderia ser aplicada no caso de VRS totalmente desenvolvido em condições operacionais específicas, como o helicóptero de frente a um obstáculo em voo.

O documento alertava para o fato de que nem todos os fabricantes estavam alinhados sobre qual seria a melhor maneira de se recuperar de um estado de anel de vórtice incipiente e desenvolvido.

Dessa forma, o *Guide Instructor* recomendava ao instrutor verificar, na documentação oficial dos fabricantes do modelo de helicóptero utilizado para o treinamento, se ambas as técnicas poderiam ser aplicadas, ou se havia alguma restrição.

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

Tratava-se de um voo de transporte privado de passageiros entre os helipontos de SDPT, São Paulo, SP, e SJNN, Guarujá, SP.

Antes do acidente, a aeronave havia permanecido indisponível por um período de aproximadamente setenta dias, para realização de uma troca dos tanques de combustível e execução de manutenções programadas.

Durante esse intervalo de tempo, o proprietário ingressou no programa de compartilhamento de frota, passando a realizar suas viagens em outras aeronaves do programa. Ao término do período de manutenção, o proprietário iria ressarcir ao programa de compartilhamento as horas por ele voadas em outras aeronaves do programa.

Assim sendo, o proprietário manifestou sua preocupação para que a manutenção fosse concluída dentro do cronograma previsto, com o fito de realizar o primeiro voo de ressarcimento de horas ao programa de compartilhamento de frota, na semana do voo em questão.

Na época da ocorrência, não havia requisitos estabelecidos pela ANAC para operações de aeronaves de propriedade compartilhada. Sendo assim, não era clara a responsabilidade sobre o controle operacional do voo, o que somente foi estabelecido em 2021, com a inclusão da Subparte K no RBAC 91.

Também ficaram definidos, na Subparte K, os requisitos para implementação do SGSO nas empresas que realizavam esse tipo de operação, aumentando a segurança operacional das operações com aeronaves de propriedade compartilhada.

No dia anterior ao voo desta ocorrência, a aeronave havia concluído os diversos serviços de manutenção, entre eles a IAM e a inspeção de 200 horas/12 meses. Para a disponibilização da aeronave, foram realizados dois voos de experiência, sendo conduzidos pela mesma tripulação desta ocorrência.

No primeiro voo, foi relatada uma pequena folga nos comandos do cíclico. Todavia, não houve lançamentos acerca dessa discrepância no DB da aeronave.

Após a OM atuar no suposto problema, a aeronave foi liberada para uma nova verificação. Nesse segundo voo, a tripulação se deu por satisfeita e o processo de manutenção foi dado por concluído e a aeronave disponibilizada para o voo.

De acordo com o PIC, a grande ênfase dada pelo proprietário na importância de cumprir o voo de ressarcimento pode ter contribuído para a aceitação da aeronave no voo de experiência, sem que o problema no controle de arfagem, segundo ele, estivesse completamente resolvido.

Sobre isso, o RBHA nº 91 - Regras Gerais de Operação para Aeronaves Civis, em vigor na data do acidente, estabelecia que o PIC de uma aeronave civil era o responsável pela verificação das condições da aeronave quanto à segurança do voo.

Contudo, a ausência dos lançamentos dessa discrepância no DB e nos registros de manutenção indicou que a aeronave não apresentava qualquer problema com os comandos de voo que impedisse o retorno do helicóptero à atividade aérea. A falta desses registros inviabilizou o rastreamento das possíveis ações de manutenção executadas em razão da folga relatada, impedindo a possibilidade de verificação dessa evidência.

Com relação ao voo propriamente dito, a dinâmica de seu planejamento diferiu daquilo que era usualmente realizado antes do ingresso da aeronave no programa de gerenciamento.

Normalmente, os voos eram conduzidos com até 3 passageiros. Na etapa de que trata esta ocorrência, foram transportados 5 passageiros e dois animais de médio porte, sem que a tripulação tivesse conhecimento prévio tanto da quantidade exata de passageiros como seus respectivos pesos, que somente foram transmitidos aos pilotos no momento do embarque, diferentemente do que ocorria quando o voo era realizado com o proprietário da aeronave.

Assim, com base nos dados fornecidos pela tripulação, verificou-se que a aeronave decolou com excesso de peso na ordem de 116 kg e fora dos limites longitudinais do CG.

Com base no combustível remanescente nos tanques (248 kg), calculou-se que, no momento do acidente, o helicóptero estaria com 2.864 kg, ou seja, 14 kg acima do peso máximo de pouso.

Operar um helicóptero acima do peso máximo pode comprometer o seu desempenho. Da mesma maneira, alterações na distribuição da carga podem causar mudanças significativas no CG da aeronave, influenciando diretamente na pilotagem.

Um carregamento inadequado ou mal distribuído, também diminui a manobrabilidade da aeronave. O comando cíclico é menos efetivo na direção oposta à posição do CG. Quando o CG se encontra exatamente na vertical do mastro, o helicóptero tende a manter o nariz na posição horizontal.

Houve atitude complacente no sentido de decolar com peso acima do previsto, em função da grande importância dada pelo proprietário do helicóptero (empregador dos pilotos) em realizar aquele voo, segundo as condições acordadas com a empresa gestora do programa de compartilhamento.

Os indícios de pressão externa por parte do operador favoreceram à inobservância dos limites de operação do helicóptero por parte do PIC, levando-o a operar com a aeronave acima do peso de decolagem, superestimando a sua capacidade operacional.

O PIC relatou que, antes do voo, informou ao proprietário que aquele momento não era ideal para o voo devido à meteorologia na rota. Porém, motivado pelo temor de perda do emprego, mesmo se sentindo desconfortável, o piloto decidiu realizar o voo.

Como o heliponto estava localizado dentro de um vale e havia cobertura de nuvens, é possível que, no momento do pouso, já houvesse um decréscimo da luminosidade natural, já que o pouso ocorreu cerca de 10 minutos antes do pôr do sol.

Aliado a isso, a tripulação relatou presença de chuva na vertical de SJNN, cobertura de nuvens abaixo da altura dos morros que formavam o vale, turbulência moderada e vento para pouso estimado nulo.

O METAR de SBST, distante aproximadamente 7 NM, registrava vento com direção de 190°, velocidade de 7 kt, visibilidade 2.000 m, chuvisco, névoa úmida, nublado a 700 ft de altura e encoberto a 900 ft de altura.

A carta SIGWX produzida às 21h02min (UTC) do dia 11OUT2018, próximo ao horário da ocorrência, indicava presença de sistema frontal sobre o oceano, com a possibilidade tanto de chuva como de pancadas de chuva.

Ao mesmo tempo, as características do relevo nos arredores do heliponto, sotavento da montanha, além de limitar as opções de direção de aproximação, fazia com que a região fosse propícia ao surgimento de turbulência orográfica. De fato, a tripulação relatou ter experimentado turbulência moderada ainda no tráfego para pouso. Devido ao efeito que o terreno tem sobre o vento em vales ou desfiladeiros, correntes descendentes podem ser graves com implicação no controle do helicóptero.

Sobre isso, o *Chapter 12 - Weather Theory* da FAA, registrava que, enquanto o vento flui suavemente pelo lado de barlavento da montanha e as correntes ascendentes ajudam a transportar uma aeronave acima do pico de montanha, o vento de sotavento não atua da mesma forma. À medida que o ar flui para o lado de sotavento da montanha, o ar que acompanha o contorno do terreno é cada vez mais turbulento. Isso tende a empurrar uma aeronave para baixo. Quanto mais forte o vento, maior será a razão descendente e a intensidade da turbulência.

Assim sendo, não se pode descartar a possibilidade da contribuição de uma possível turbulência orográfica para o desfecho do voo em tela.

Todavia, há de se considerar, também, a hipótese de que o PR-PMT tenha experimentado uma condição aerodinâmica conhecida como *Vortex Ring State* (VRS), na qual um helicóptero vivencia uma descida vertical, mesmo com potência máxima aplicada, restando pouco ou nenhum comando de cíclico.

Nessa condição, a maior parte da energia desenvolvida pelo motor é desperdiçada na aceleração do ar em um “padrão de rosca” ao redor do rotor. Isso provoca uma instabilidade do fluxo de ar sobre uma grande área do disco rotor, fazendo com que a eficiência do rotor seja perdida, mesmo que a energia ainda esteja sendo fornecida pelo motor.

De fato, o tipo de aproximação realizada, os sintomas percebidos pela tripulação, bem como algumas das circunstâncias presentes no momento do pouso, apresentaram grandes semelhanças com as características do fenômeno descritas na literatura sobre o assunto, a saber:

- razão de descida vertical ou quase vertical de pelo menos 300 ft por minuto;
- o sistema do rotor principal empregando parte da potência disponível do motor (de 20 a 100%);
- velocidade de deslocamento horizontal inferior à de sustentação translacional; e
- perda da efetividade no comando do cíclico e de guinada.

Segundo o PIC, a aproximação foi realizada na direção aproximada de 200° e com velocidade menor que a prevista (cerca de 30 kt), em virtude da chuva leve que ocorria no momento.

Com isso, é possível que, devido às condições meteorológicas encontradas (visibilidade degradada), a aproximação tenha ocorrido com grande ângulo, pouca velocidade e acentuada razão de descida. Com a possível baixa luminosidade no local de pouso, é provável, também, que a percepção de afundamento da aeronave tenha ficado prejudicada.

Na curta final para pouso, a tripulação percebeu uma condição anormal no controle da aeronave, juntamente com uma redução no barulho produzido pelo rotor e um afundamento abrupto da aeronave.

O PIC relatou a sensação de que, nesse momento, a velocidade da aeronave à frente diminuiu e os comandos apresentaram uma resposta demorada em relação à uma condição normal de voo.

Os sintomas sentidos pela tripulação foram condizentes com a descrição do fenômeno: afundamento repentino (aumento da razão de descida), comandos “lentos” (sensação de falta de controle) e diminuição da velocidade aerodinâmica.

Como resposta, sua reação foi a de manter a posição de coletivo e comandar cíclico à frente para aumentar a velocidade e tentar alcançar o heliponto. Ainda conforme o PIC, na iminência do contato com o solo, comandou a amplitude máxima do coletivo, na tentativa de diminuir a razão de descida.

Sobre isso, todas as publicações sobre o VRS são enfáticas em afirmar que uma aplicação adicional do coletivo aumenta tanto o nível de vibração quanto a razão de afundamento. No caso de haver altura suficiente, a recuperação deve ser iniciada ao primeiro sinal do VRS, aplicando-se o cíclico à frente, para aumentar a velocidade, e, simultaneamente, reduzir o coletivo.

A recuperação do controle do helicóptero ocorre quando a IAS atingir 40 kt.

Em adição a essa técnica, havia uma outra possibilidade de se tentar a saída do fenômeno, empregando a *Vuichard Recovery Technique*, que consistia no emprego do coletivo, ao mesmo tempo em que era aplicado um comando lateral do cíclico, mantendo-se o controle de direção com os pedais. Assim, esse procedimento foi projetado para possibilitar a saída do VRS, por intermédio de um movimento lateral do helicóptero.

No caso do A109E, seria recomendável comandar o cíclico para o lado da pá que avança, ou seja, para a direita. Nessa condição, a manutenção da proa seria feita com aplicação do pedal esquerdo, antitorque, gerando a tração para a direita.

É importante destacar que, para o emprego da *Vuichard Recovery Technique*, deve-se consultar a documentação do fabricante do modelo do helicóptero.

Isso posto, destaca-se que a detecção precoce e a prevenção do VRS se constituem em aspectos considerados fundamentais para se evitar esse fenômeno. Os pilotos devem entender a importância da recuperação tempestiva e serem treinados para identificar um VRS em seu estágio inicial, reconhecendo os primeiros sintomas de alerta.

Dessa forma, inferiu-se que o piloto tenha empregado uma aproximação de grande ângulo influenciado pela meteorologia degradada. Em seguida, o PIC permitiu uma descida com razão acentuada. É importante destacar que, de acordo com os cálculos efetuados, o PR-PMT estava fora dos limites de peso e balanceamento.

Ao realizar a transição para o último terço da aproximação foi preciso desacelerar o helicóptero. Para tanto, foi necessário que o piloto aumentasse o passo do comando coletivo, a fim de gerar mais sustentação no rotor principal, e atuasse no comando do cíclico no sentido de cabrar.

Ao puxar o comando coletivo para reduzir a velocidade de aproximação com o solo e comandar o cíclico, é possível que o helicóptero tenha iniciado uma descida em seu próprio ar turbilhonado, aumentando muito os vórtices de ponta de pá.

Nessa condição, a maior parte da energia desenvolvida pelo motor foi desperdiçada na aceleração do ar em um “padrão de rosca” para baixo do helicóptero, comprometendo a eficiência do rotor principal, mesmo com a energia sendo fornecida pelos motores.

O PIC, na tentativa de executar uma manobra que viabilizasse a saída da condição vivenciada de afundamento e o toque brusco da aeronave contra o solo, aplicou o coletivo em toda sua amplitude. Esse comando não surtiu o efeito desejado, pois isso somente agravou a situação do estol de vórtice. Assim, o PR-PMT colidiu contra o solo em uma condição de perda de controle.

Na análise em banco de provas da *Pratt & Whitney*, os motores funcionaram e alcançaram todos os parâmetros de teste em todos os regimes a que foram submetidos.

Não houve qualquer indicação nos instrumentos da aeronave nem no seu painel de alarmes que denotasse falha na propulsão ou na transmissão de rotação para o rotor principal da aeronave.

Não foram observados fatores contribuintes para o acidente do PR-PMT relacionados com a manutenção da aeronave. A substituição do tanque de combustível bem como a relatada folga no cíclico apontada pela tripulação não evidenciou uma relação com o acidente. As análises técnicas do motor, transmissão, sistema de combustível e do próprio combustível e lubrificantes não revelaram contribuição para o acidente em questão.

3. CONCLUSÕES.

3.1. Fatos.

- a) os pilotos estavam com os Certificados Médicos Aeronáuticos (CMA) válidos;
- b) o PIC possuía licença de Piloto de Linha Aérea - Helicóptero (PLH) e estava com as habilitações de Helicóptero Multimotor a Turbina (HMLT), de Voo por Instrumentos - Helicóptero (IFRH) e de Instrutor de Voo - Helicóptero (INVH) válidas;
- c) o SIC possuía a licença Piloto Comercial - Helicóptero (PCH) e estava com sua habilitação de Helicóptero Multimotor a Turbina (HMLT) válida;
- d) os pilotos estavam qualificados e possuíam experiência no tipo de voo;
- e) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido;
- f) a aeronave estava fora dos limites de peso e balanceamento;
- g) as escriturações das cadernetas de célula e motores estavam atualizadas;
- h) antes do acidente, a aeronave ficou indisponível por, aproximadamente, 70 dias para manutenção;
- i) a tripulação realizou dois voos de experiência do PR-PMT após os serviços de manutenção na aeronave;
- j) os exames testes e pesquisas realizados não revelaram contribuição dos sistemas da aeronave para o acidente;
- k) as condições meteorológicas no heliponto de destino, apesar de compatíveis com o voo VFR para helicópteros, apresentavam teto baixo, visibilidade restrita, chuva fina e turbulência moderada;
- l) as características geográficas nos arredores do heliponto limitavam o sentido do eixo de aproximação e dificultavam a possibilidade de arremetida em função das elevações no terreno;
- m) a aproximação para o heliponto foi realizada na direção aproximada de 200° e com velocidade menor que a prevista (cerca de 30 kt), em virtude da chuva leve que ocorria no momento;
- n) durante a curta final para o heliponto, a aeronave perdeu sustentação e colidiu contra o solo, em área gramada anterior à área de pouso, com elevada razão de descida;
- o) a aeronave teve danos substanciais; e
- p) todos os ocupantes saíram ilesos.

3.2. Fatores contribuintes.

- **Aplicação dos comandos - indeterminado.**

O PIC, na aproximação final, possivelmente, reduziu a velocidade do helicóptero abaixo de 30 kt e executou uma aproximação de grande ângulo com potência e com vento nulo em uma região de turbulência moderada. O emprego desse perfil de aproximação, possivelmente, contribuiu para que o helicóptero vivenciasse o fenômeno aerodinâmico VRS.

- **Atitude - contribuiu.**

Em que pese demonstrar desconforto com as condições meteorológicas e a aeronave estar acima dos limites de peso e balanceamento, a tripulação demonstrou inobservância com os limites operacionais do helicóptero, ao decolar e tentar o pouso em uma localidade que apresentava turbulência moderada e restrições de teto e visibilidade.

- **Capacitação e Treinamento - indeterminado.**

A ação corretiva de aumentar a potência do motor, através do coletivo, para reverter a situação de afundamento na final para pouso revelou que o PIC não detinha o conhecimento e treinamento necessários para corrigir e sair do possível VRS.

- **Condições meteorológicas adversas - indeterminado.**

Não se pode descartar a possibilidade de que a turbulência moderada reportada pelo piloto e as condições de teto e visibilidade, em função da chuva e da luminosidade em SJNN, tenham contribuído para comprometer o perfil de aproximação ideal para o pouso no destino.

- **Estado emocional - contribuiu.**

Segundo o relato do PIC, havia medo em perder o emprego caso o voo não fosse realizado. Dessa forma, apesar de a tripulação ter concluído que as condições meteorológicas estavam desfavoráveis para a operação, o voo foi realizado havendo direta relação entre o estado emocional da tripulação e as ações que concorreram para a ocorrência em tela.

- **Julgamento de pilotagem - contribuiu.**

A inadequada avaliação, por parte do piloto, de determinados parâmetros relacionados à operação da aeronave, como o voo com a aeronave acima dos limites de peso para pouso e fora do centro de gravidade, em um local sujeito à turbulência orográfica e com a meteorologia degradada, contribuiu para o acidente.

- **Motivação - contribuiu.**

Segundo relato do PIC, voos com meteorologia degradada, ocorriam com frequência. Motivado pelo temor de perda do emprego, mesmo se sentindo desconfortável, o PIC decidiu realizar o voo. Além disso, a aeronave havia sido recolhida para manutenção e, durante o processo, o proprietário frisou que o voo deveria ocorrer, causando forte influência nos pilotos para liberação da aeronave no prazo acordado entre ele e a empresa. Conforme relatado pelos pilotos, eles se sentiram pressionados com a atitude do proprietário.

- **Percepção - indeterminado.**

Tendo em vista a necessidade de cumprimento da missão, houve prejuízos na capacidade da tripulação em avaliar adequadamente os perigos e riscos associados à operação em uma região que apresentava restrição de teto, visibilidade e turbulência. Essa condição pode ter levado ao rebaixamento da consciência situacional do ambiente operacional no momento do pouso.

- **Planejamento de voo - contribuiu.**

Todo planejamento e demandas operacionais para esse voo foram transmitidas pelo proprietário da aeronave diretamente aos pilotos. A tripulação só teve conhecimento da quantidade exata de passageiros e seus respectivos pesos no momento do embarque, diferentemente do que ocorria quando o voo era realizado somente com o proprietário da aeronave. Isso contribuiu para que o PR-PMT decolasse fora dos limites de peso e

balanceamento. Na época da ocorrência, não havia requisitos estabelecidos pela ANAC para operações de aeronaves de propriedade compartilhada.

- **Processo decisório - contribuiu.**

O perfil de aproximação empregado revelou dificuldades na percepção e na análise, por parte da tripulação, dos riscos envolvidos na operação. Essas dificuldades tiveram como resultado um julgamento inadequado que, conseqüentemente, converteu-se em uma tomada de decisão equivocada de se tentar o pouso com a aeronave acima do peso máximo, em uma região que apresentava restrição de teto, visibilidade e turbulência moderada.

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.

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”.

Não há.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.

Em relação à legislação, o RBAC 91, na Seção 91.1021 da Subparte K - “Operações de Aeronaves de Propriedade Compartilhada”, estabeleceu os requisitos para implementação do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO) nas empresas que realizam este tipo de a operação compartilhada, a seguir:

91.1021 RBAC (SGSO)

(a) O administrador de programa deve estabelecer, implementar e manter um SGSO, aceitável para a ANAC, que garanta as condições de segurança das operações e o cumprimento dos requisitos estabelecidos neste Regulamento. O SGSO requerido pela ANAC deve:

- (1) estabelecer a política e os objetivos da organização para a segurança operacional;
- (2) estabelecer as metas e indicadores de desempenho da segurança operacional que permitam avaliar o alcance dos objetivos da segurança operacional;
- (3) estabelecer a estrutura organizacional e os responsáveis pela implementação, manutenção e melhoria contínua do sistema;
- (4) identificar os perigos e avaliar os riscos operacionais a eles associados;
- (5) aplicar ações corretivas e preventivas desenvolvidas a partir dos riscos operacionais avaliados, bem como avaliar a efetividade dessas ações;
- (6) executar supervisão permanente das atividades da organização, de modo a garantir a segurança operacional requerida;
- (7) planejar e realizar periodicamente avaliações internas ou auditorias do SGSO, visando sua adequação ao contexto operacional da organização e a melhoria contínua dos níveis de desempenho da segurança operacional;
- (8) assegurar que as pessoas envolvidas com atividades sensíveis para a segurança operacional possuam as competências necessárias e estejam cientes de suas responsabilidades;
- (9) comunicar os resultados relativos ao desempenho da segurança operacional, bem como disseminar informações que aprimorem a cultura da segurança operacional da organização;

- (10) gerar e organizar documentos e registros que forneçam evidências do desenvolvimento, operacionalização, manutenção e melhoria contínua do SGSO; e
- (11) atender a quaisquer outros requisitos específicos de SGSO estabelecidos em instrumentos normativos aplicáveis aos PSAC.

Em, 15 de agosto de 2023.

