

COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



RELATÓRIO FINAL
A-060/CENIPA/2014

OCORRÊNCIA:	ACIDENTE
AERONAVE:	PP-SSP
MODELO:	R22 BETA
DATA:	23MAR2014



ADVERTÊNCIA

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

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

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

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

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

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

Conseqüentemente, 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 PP-SSP, modelo R22 BETA, ocorrido em 23MAR2014, classificado como “[LOC-I] Perda de controle em voo”.

A aeronave decolou do Helicentro Ribeirão Preto, SP (SSUE), com a finalidade de realizar um voo local, nos arredores da cidade.

Quando sobrevoava o distrito de Bonfim Paulista, SP, houve a perda de controle da aeronave, com queda abrupta e verticalizada, a qual veio a colidir contra o solo em uma área de plantação de milho.

A aeronave ficou destruída.

O piloto e o passageiro sofreram lesões fatais.

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



ÍNDICE

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS	5
1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....	6
1.1. Histórico do voo.....	6
1.2. Lesões às pessoas.....	6
1.3. Danos à aeronave.	6
1.4. Outros danos.....	6
1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.....	6
1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.....	6
1.5.2. Formação.....	6
1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.....	6
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.....	8
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	9
1.13.1. Aspectos médicos.....	9
1.13.2. Informações ergonômicas.....	9
1.13.3. Aspectos Psicológicos.....	9
1.14. Informações acerca de fogo.....	10
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	10
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	10
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.....	11
1.18. Informações operacionais.....	11
1.19. Informações adicionais.....	11
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	16
2. ANÁLISE.....	17
3. CONCLUSÕES.....	19
3.1. Fatos.....	19
3.2. Fatores contribuintes.....	20
4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA	20
5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....	20

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

AGL	<i>Above Ground Level</i> - Acima do Nível do Solo
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ATS	<i>Air Traffic Services</i> - Serviços de Tráfego Aéreo
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CHT	Certificado de Habilitação Técnica
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
IAM	Inspeção Anual de Manutenção
INVH	Habilitação de Instrutor de Voo - Helicóptero
Lat	Latitude
Long	Longitude
M.M.	<i>Maintenance Manual</i> - Manual de Manutenção
OGE	<i>Out Ground Effect</i>
PCH	Licença de Piloto Comercial - Helicóptero
PPH	Licença de Piloto Privado - Helicóptero
PRI	Categoria de registro de aeronave Privada Instrução
RPM	Rotações por minuto
RS	Recomendação de Segurança
SFAR	<i>Special Federal Aviation Regulation</i>
SSUE	Designativo de localidade - Helicentro Ribeirão Preto
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
TWR-RP	Torre de Controle do Aeródromo de Ribeirão Preto, SP
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> - Tempo Universal Coordenado
VFR	<i>Visual Flight Rules</i> - Regras de Voo Visual

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	Modelo: R22 BETA	Operador: Aces High Escola Top de Aviação Civil Ltda.
	Matrícula: PP-SSP	
	Fabricante: <i>Robinson Helicopter</i>	
Ocorrência	Data/hora: 23MAR2014 - 13:55 (UTC)	Tipo(s): [LOC-I] Perda de controle em voo
	Local: Bonfim Paulista, SP	
	Lat. 21°15'50"S Long. 047°48'27"W	Subtipo(s): NIL
	Município - UF: Ribeirão Preto - SP	

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Helicentro Ribeirão Preto, SP (SSUE), por volta das 13h40min (UTC), a fim de realizar um voo local, com um piloto e um passageiro a bordo.

Após 13 minutos, houve a perda de controle da aeronave sobre o distrito de Bonfim Paulista, SP, com grande razão de descida e choque violento contra o solo.

Após a colisão houve a ruptura dos tanques de combustível e deflagração de fogo.

A aeronave ficou destruída e os dois ocupantes sofreram lesões fatais.

1.2. Lesões às pessoas.

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

1.3. Danos à aeronave.

A aeronave teve danos por toda a estrutura, motor, esquis, rotores principal e auxiliar.

1.4. Outros danos.

Não houve.

1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.

1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.

Horas Voadas	
Discriminação	Piloto
Totais	7.000:00
Totais, nos últimos 30 dias	00:10
Totais, nas últimas 24 horas	00:10
Neste tipo de aeronave	800:00
Neste tipo, nos últimos 30 dias	00:10
Neste tipo, nas últimas 24 horas	00:10

Obs.: os dados relativos às horas voadas foram obtidos por meio de informação de terceiros.

1.5.2. Formação.

O piloto realizou o curso de Piloto Privado - Helicóptero (PPH) em 1999.

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 R22 e Instrutor de Voo - Helicóptero (INVH) válidas.

1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

O piloto estava habilitado, porém não foi possível comprovar a sua experiência recente.

1.5.5. Validade da inspeção de saúde.

O piloto estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido.

1.6. Informações acerca da aeronave.

A aeronave, de número de série 4613, foi fabricada pela *Robinson Helicopter*, em 2013, e estava registrada na categoria de Privada Instrução (PRI).

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

As cadernetas de célula e motor estavam dentro da aeronave durante o acidente e foram incendiadas.

A aeronave possuía aproximadamente 22 horas de voo quando da ocorrência e não havia passado por nenhuma revisão.

A montagem parcial da aeronave, conforme *Maintenance Manual* (M.M.), Cap 1.600, foi realizada em 23AGO2013 pela Oficina TUCSON Aviação, em São Paulo, SP.

1.7. Informações meteorológicas.

De acordo com as condições meteorológicas do Aeródromo Leite Lopes, SP (SBRP), distante cerca de 6km do local da ocorrência, não havia restrições à visibilidade no dia do voo. A intensidade do vento verificado na região de Ribeirão Preto, SP, estava em torno de 10 nós, sem variações significativas de direção, no horário próximo à ocorrência.

Os boletins meteorológicos e a previsão de SBRP eram os seguintes:

- METAR SBRP 231300Z 13011KT 9999 FEW020 SCT030 26/19 Q1017=
- METAR SBRP 231400Z 13009KT 9999 FEW030 BKN035 27/19 Q1017=
- METAR SBRP 231500Z 10010KT 9999 BKN033 28/19 Q1016=
- TAF SBRP 231000Z 2312/2412 13010KT 8000 BKN017 TX29/2318Z TN20/2409Z BECMG 2313/2315 9999 SCT035 PROB030 2318/2323 8000 TSRA BKN035 FEW045CB BECMG 2400/2402 8000 NSC PROB030 2408/2410 4000 BR RMK PGH.

1.8. Auxílios à navegação.

Nada a relatar.

1.9. Comunicações.

A transcrição das comunicações entre a Torre de Controle de Ribeirão Preto (TWR-RP) e o piloto do PP-SSP indicou que não houve qualquer reporte sobre uma situação de pane ou de funcionamento anormal da aeronave.

1.10. Informações acerca do aeródromo.

A ocorrência se deu fora de aeródromo.

1.11. Gravadores de voo.

Não requeridos e não instalados.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

A aeronave foi encontrada em um milharal e as marcas na vegetação indicavam que o impacto ocorreu em uma aproximação de grande ângulo, com elevada razão de descida e praticamente sem deslocamento linear.

A colisão das pás do rotor principal contra a vegetação formaram uma área circular em torno da aeronave (Figura 1).



Figura 1 - Foto aérea do local do acidente.

Os destroços estavam concentrados, não havendo sinal de desprendimento de componentes da aeronave em voo.

Os esquis ficaram severamente danificados, inclusive chegando a fraturar e desprender-se do restante da estrutura. A aeronave tombou para a lateral esquerda.

Foi verificada ainda uma deflexão nas pás do rotor principal, mas sem marcas de impacto no bordo de ataque, e as pás do rotor de cauda foram encontradas bastante retorcidas.

Os comandos de voo correspondentes ao assento do passageiro foram encontrados junto aos destroços. Neste modelo de aeronave existia a possibilidade destes comandos serem removidos.

Houve deflagração de fogo após impacto (Figuras 2 e 3).



Figura 2 - Visão geral da aeronave.



Figura 3 - Visão do cone de cauda e cabine da aeronave.

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 do tripulante.

1.13.2. Informações ergonômicas.

Nada a relatar.

1.13.3. Aspectos Psicológicos.

O piloto já havia atuado como instrutor de voo e piloto de táxi aéreo. No período que antecedeu o acidente, atuava na aviação executiva. De acordo com as informações obtidas, em seus últimos empregos, atuou como piloto particular contratado por empresários da região.

Conforme relatado, os empresários consideravam o piloto como referência por ser responsável e preocupado com a segurança. Outras pessoas que já haviam voado com ele também corroboraram essa percepção, ressaltando seu profissionalismo.

Acrescenta-se que, segundo informações, o piloto tinha um bom relacionamento interpessoal e estava satisfeito no exercício da profissão. Possuía hábitos saudáveis e não apresentava problemas de ordem pessoal.

No que tange ao exercício profissional, foi relatado que possuía treinamento específico em autorrotação, inclusive com o fabricante da aeronave em questão.

Em que pese a movimentada rotina de trabalho, não relatava cansaço ou fadiga. Ainda segundo as informações obtidas, o piloto teve um descanso adequado na noite anterior ao voo.

O passageiro foi descrito como uma pessoa que demonstrava interesse pela aviação. Ele e o comandante da aeronave não se conheciam, mas tinham um amigo em comum, o qual sugeriu ao passageiro que procurasse o piloto para acompanhar um voo, quando possível.

Ressalta-se que o passageiro não era habilitado como piloto e, portanto, não possuía qualquer formação teórica ou prática acerca da pilotagem de aeronaves.

1.14. Informações acerca de fogo.

Houve fogo nos destroços da aeronave, com foco no local correspondente ao tanque de combustível, que veio a se alastrar por toda a área da cabine, alcançando também parte do mastro e a raiz das pás do rotor principal.

O fogo se deu no pós-impacto, devido à ruptura do tanque de combustível.



Figura 4 - Destruição causada pelo fogo.

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

Não houve sobreviventes.

1.16. Exames, testes e pesquisas.

O Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) realizou uma série de exames no conjunto motor/transmissão da aeronave, e emitiu o seguinte resultado:

O motor apresentava indícios de que estava com funcionamento normal. No eixo de acionamento do rotor de cauda, ficou evidenciado que, no instante da colisão contra o solo, havia rotação e desenvolvimento de torque no conjunto.

O rompimento provocado por torção do eixo, junto ao flange de acoplamento com o motor, é a maior evidência de que não havia problema com o motor e no conjunto da transmissão. Na caixa de redução também não foi observada nenhuma anomalia que pudesse contribuir para a ocorrência.



Figura 5 - Conjunto eixo/flange com marcas de torção e trincas no local de rompimento.

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

Nada a relatar.

1.18. Informações operacionais.

Tratava-se de um voo panorâmico, no qual o piloto estava habilitado e já havia atuado como instrutor no modelo em questão, mas não desempenhava esta função à época do acidente, uma vez que estava operando outro modelo de aeronave.

Um levantamento estimado do peso, no momento da ocorrência, levando-se em conta o peso básico, o combustível utilizado no último abastecimento e uma estimativa do peso dos ocupantes, indicou que a aeronave estava dentro do limite especificado pelo fabricante.

1.19. Informações adicionais.

Além do piloto, estava a bordo da aeronave um passageiro, que tinha interesse por aviação, mas não possuía habilitação para pilotar.

Durante a investigação descobriu-se que uma câmera de segurança registrou a queda da aeronave e o vídeo foi utilizado para auxiliar a investigação.

Considerando as indicações de que o impacto ocorreu em uma aproximação de grande ângulo, com elevada razão de descida e praticamente sem deslocamento linear, é possível que a aeronave tenha sido submetida a uma condição de estol de vórtice.

Dessa forma, faz-se necessário esclarecer alguns aspectos relevantes sobre a condição chamada estol de vórtice ou *stall vortex*, que é caracterizado pelo escoamento de ar instável através das pás do rotor.

Um helicóptero em voo pairado, fora do efeito solo, produz sustentação igual ao seu peso. Para tanto, nas pontas das pás são formados anéis de vórtice descendentes em forma espiral. Além disso, em descidas rápidas na vertical ou com pouca velocidade à

frente, surge uma pequena região em que o fluxo de ar é ascendente, próximo da raiz das pás. Se a alavanca de controle do coletivo for comandado para baixo, a sustentação diminui e atinge um valor inferior ao peso da aeronave.

O helicóptero inicia uma descida buscando equilíbrio entre peso e sustentação. Com razões de descida baixas ou moderadas, o fluxo de ar ascendente diminui o ângulo de ataque e aumenta os valores de sustentação nas seções intermediárias e externas das pás, mantendo o helicóptero em uma razão de descida constante. Os vórtices de ponta de pá consomem potência do motor, mas não geram sustentação.

Enquanto esses anéis de vórtice são relativamente pequenos, o impacto sobre a sustentação gerada pelo rotor principal é quase nulo, impondo apenas, uma diminuição da sua eficiência. Conforme a razão de descida aumenta, o ângulo de ataque nas seções internas das pás atinge valores muito altos, podendo levar ao *stall* dessa parte do disco rotor. Anéis de vórtice secundários se formam próximo da raiz das pás, na intersecção do fluxo de ar ascendente com fluxo de ar induzido.

Se a razão de descida aumentar, os anéis de vórtice secundários formados serão cada vez maiores e as pás do rotor ficarão cada vez mais perto desses anéis de vórtice descendentes (ar turbilhonado abaixo do helicóptero), até que o helicóptero atinja um ponto em que a maior parte da potência gerada pelo motor estará sendo desperdiçada para acelerar esses mesmos anéis de vórtice.

Na prática, o helicóptero estaria voando dentro de seu próprio *downwash*, ou seja, em ar turbilhonado. A seção interna do disco rotor estará estolada.

Os sintomas sentidos pela tripulação são aumento de vibração, movimentos de *pitch* e *roll* e o aumento da razão de descida, mesmo com aplicação de coletivo para cima.

Os efeitos do *vortex* atingem seu pico quando a razão de descida atinge valores aproximadamente iguais a 3/4 da velocidade induzida, provocando fortes vibrações e oscilações não comandadas de *pitch* e *roll*, podendo chegar à perda de controle da aeronave.

A velocidade induzida é definida como a velocidade do fluxo de ar aspirado através do disco rotor. Ela depende do tipo de helicóptero e de seu peso bruto.

Aproximações com grande ângulo, em grandes altitudes e com o vento de cauda são fatores que contribuem para esse tipo de ocorrência. Além desses, outros fatores contribuem para o *stall vortex*: remuo da aeronave líder nas decolagens durante voo em formação; vento de cauda em operações com carga externa; tentativas de pairado fora do efeito solo, acima do teto de pairado *Out Ground Effect* (OGE) e manter o pairado fora do efeito solo sem controlar efetivamente a altitude.

Algumas escolas de pilotos de helicóptero realizam treinamento de *Settling With Power*, termo utilizado por operadores para descrever a condição de voo em que o helicóptero “afunda” mesmo com a potência toda aplicada, equivalente ao *stall* com motor dos aviões. A técnica de recuperação ensinada é a de reduzir o passo coletivo e levar o cíclico à frente para aumentar a velocidade e sair da região de ar turbilhonado.

Se houver altura suficiente, pode-se também entrar em autorrotação. Nota-se que, de maneira geral, os alunos tendem a iniciar a recuperação atuando no comando coletivo para cima, a fim de tentar diminuir a razão de descida, antes de levar o cíclico à frente. Essa tendência é ainda maior quando o helicóptero encontra-se próximo ao solo.

É importante saber que essas atitudes por parte do piloto irão causar o efeito contrário ao esperado por ele, pois aumentará a área estolada na seção interna do disco rotor, aumentando também a razão de descida da aeronave.¹

Nessa perspectiva, a *Robinson Helicopter Company*, fabricante do helicóptero, emitiu a *Safety Notice* SN-22, revisada em outubro de 2016, que versava sobre estol de vórtice:

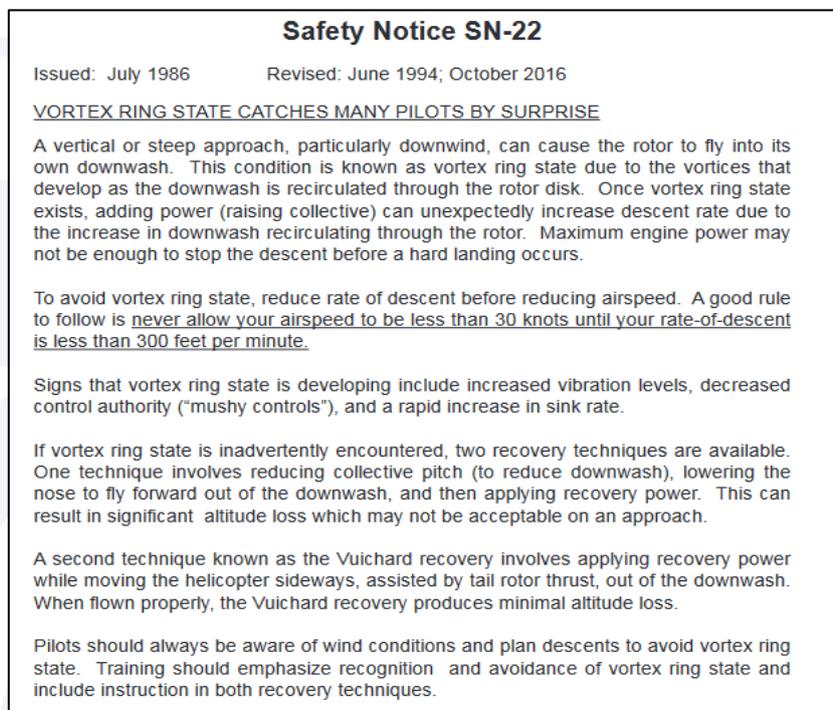


Figura 6 - Excerto do *Safety Notice* SN-22.

Em relação ao treinamento inicial ou demonstrações de manobras, a *Robinson Helicopter Company* emitiu a *Safety Notice* SN-20, revisada em junho de 1994, a seguir:

¹ Lírio, T. A. Guia Técnico de Investigação de Acidentes Aeronáuticos com Helicópteros para Investigadores do SIPAER. 2012. 118f. Dissertação (Mestrado Profissional em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo. 2012

Safety Notice SN-20

Issued: Sep 85 Rev: Jun 94

BEWARE OF DEMONSTRATION OR INITIAL TRAINING FLIGHTS

A disproportionate number of fatal and non-fatal accidents occur during demonstration or initial training flights. The accidents occur because individuals other than the pilot are allowed to manipulate the controls without being properly prepared or indoctrinated.

If a student begins to lose control of the aircraft, an experienced flight instructor can easily regain control provided the student does not make any large or abrupt control movements. If, however, the student becomes momentarily confused and makes a sudden large control input in the wrong direction, even the most experienced instructor may not be able to recover control. Instructors are usually prepared to handle the situation where the student loses control and does nothing, but they are seldom prepared for the student who loses control and does the wrong thing.

Before allowing someone to touch the controls of the aircraft, they must be thoroughly indoctrinated concerning the extreme sensitivity of the controls in a light helicopter. They must be firmly instructed to never make a large or sudden movement with the controls. And, the pilot-in-command must be prepared to instantly grip the controls should the student start to make a wrong move.

Figura 7 - Excerto do *Safety Notice* SN-20.

Os pilotos têm que ficar atentos quanto ao fenômeno do vórtice, ou *vortex*. Descidas na vertical, ou com ângulos acentuados de rampa, exigem velocidade de descida lenta.

É importante observar que escolhendo uma ou ambas as técnicas relacionadas acima, uma grande perda de altura será necessária. Entretanto, o ganho de velocidade à frente geralmente ocasiona uma menor perda de altura que a entrada em autorrotação, sendo essa sempre a opção mais indicada para a recuperação desta condição.

Como a razão de descida em um estol de vórtice pode ser muito alta, 6.000ft/min em alguns casos dependendo do modelo, a autorrotação pode gerar um disparo de rotação incontrolável devido a fatores aerodinâmicos diversos.

Enquanto a condição de estol de vórtice existir, qualquer aplicação de potência agravará a situação, estolando ainda mais as pás e aumentando ainda mais a razão de afundamento.

As seguintes situações podem levar ao desenvolvimento do estol de vórtice e por isso devem ser evitadas:

- a) **DESCIDAS COM POTÊNCIA APLICADA, BAIXA VELOCIDADE E ALTA RAZÃO** - A razão de descida necessária para o advento desta condição difere entre os diversos tipos de helicóptero, entretanto ela é geralmente superior a 500ft/min com pouca ou nenhuma velocidade à frente. Essa situação é agravada e fica mais perigosa com o helicóptero pesado, em um dia quente devido a maior necessidade de potência para manter o pairado.
- b) **MANOBRAS E APROXIMAÇÕES COM VENTO DE CAUDA** - De maneira geral, manobras com vento de cauda sempre serão críticas, ainda mais as aproximações. Em aproximações desse tipo, o fluxo de ar turbilhonado, que ficaria para trás numa aproximação normal, seria jogado novamente em direção ao helicóptero, fazendo a aeronave ingressar no próprio *downwash* e provocando o estol de vórtice.

- c) **PARADAS RÁPIDAS** - Quando um helicóptero faz um *flare* agressivo em uma parada brusca, com o disco rotor bem inclinado para trás, o fluxo de ar horizontal passa a vir da parte de baixo do disco rotor devido à direção do deslocamento e à própria atitude da aeronave. Se uma razão de descida for iniciada nessa situação, o deslocamento do fluxo de ar verticaliza ainda mais e a aeronave acaba adentrando mais uma vez na zona do próprio *downwash*.
- d) **RECUPERAÇÃO DE AUTORROTAÇÃO EM TREINAMENTO** - A recuperação de uma autorrotação em que há a aplicação de potência antes do nivelamento da aeronave, no *flare*, é similar à situação da parada rápida na reta, citada anteriormente. É importante considerar que isto não aconteceria em uma situação real de autorrotação (com os motores cortados), pois, devido à falta de potência, com a aplicação de coletivo não haveria a indução do fluxo de ar no sentido de deslocamento da aeronave.

A Robinson emitiu a *Safety Notice* SN-24, em 1994, que alertava para a ocorrência de acidentes fatais devido ao estol de rotor causado por baixa RPM, sucintamente descrito nas Figuras 8 e 9.

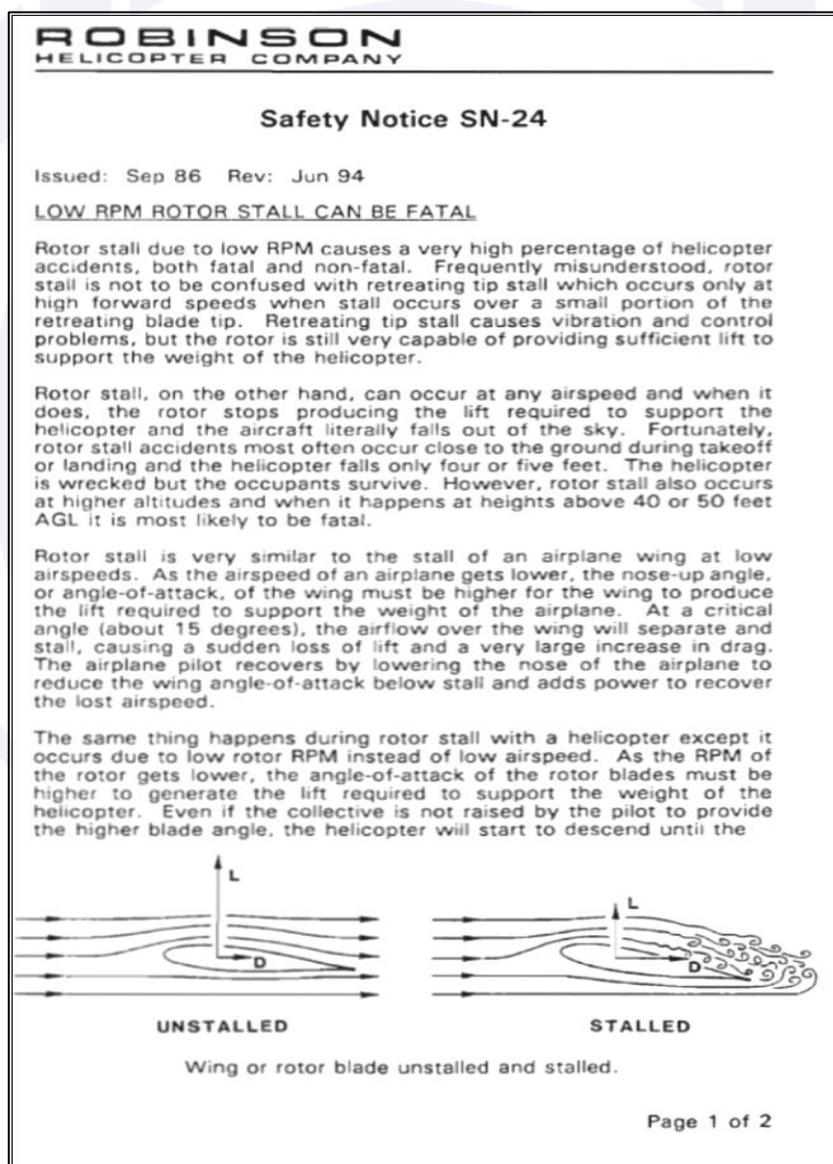


Figura 8 - Excerto do *Safety Notice* SN-24 primeira página.

ROBINSON
HELICOPTER COMPANY

Safety Notice SN-24 (continued)

upward movement of air to the rotor provides the necessary increase in blade angle-of-attack. As with the airplane wing, the blade airfoil will stall at a critical angle, resulting in a sudden loss of lift and a large increase in drag. The increased drag on the blades acts like a huge rotor brake causing the rotor RPM to rapidly decrease, further increasing the rotor stall. As the helicopter begins to fall, the upward rushing air continues to increase the angle-of-attack on the slowly rotating blades, making recovery virtually impossible, even with full down collective.

When the rotor stalls, it does not do so symmetrically because any forward airspeed of the helicopter will produce a higher airflow on the advancing blade than on the retreating blade. This causes the retreating blade to stall first, allowing it to dive as it goes aft while the advancing blade is still climbing as it goes forward. The resulting low aft blade and high forward blade become a rapid aft tilting of the rotor disc sometimes referred to as "rotor blow-back". Also, as the helicopter begins to fall, the upward flow of air under the tail surfaces tends to pitch the aircraft nose-down. These two effects, combined with aft cyclic by the pilot attempting to keep the nose from dropping, will frequently allow the rotor blades to blow back and chop off the tailboom as the stalled helicopter falls. Due to the magnitude of the forces involved and the flexibility of rotor blades, rotor teeter stops will not prevent the boom chop. The resulting boom chop, however, is academic, as the aircraft and its occupants are already doomed by the stalled rotor before the chop occurs.

Figura 9 - Excerto do *Safety Notice* SN-24 segunda página.

Durante as investigações de acidentes aeronáuticos, as autoridades de segurança de voo americanas concluíram que pilotos, aparentemente qualificados, poderiam não estar devidamente preparados para operar com segurança os helicópteros R22 e R44 em determinadas condições de voo.

Dessa forma, em complemento a *Federal Aviation Regulation (FAR) Part 61*, a FAA elaborou, em 1995, a *Special Federal Aviation Regulation N.73 (SFAR 73)*, que tinha como propósito estabelecer critérios de treinamento e requisitos de experiência para todas as pessoas que buscassem operar ou atuar como piloto em comando nos helicópteros Robinson modelos R22 ou R44.

Segundo a FAA, após a adoção da SFAR 73, houve uma redução considerável no número de acidentes envolvendo aeronaves desse modelo, sendo que os benefícios advindos com a aplicação do SFAR 73 superaram os custos de sua implantação.

A SFAR 73 especificava os requisitos de treinamento, avaliação e cheque para os helicópteros Robinson R22 e R44 citando, dentre outros, os seguintes temas: Gestão de Energia; Baixa RPM do Rotor e Estol de Pá e Queda de RPM do Rotor.

A preocupação inicial do SFAR 73 era com os requisitos de treinamento, avaliação e cheque para os helicópteros Robinson R22 e R44.

No Brasil, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) emitiu a IS 61-006, Revisão B, em junho de 2016, onde incluiu requisitos de endosso inicial para pilotos e instrutores de aeronaves R22 e R44, de acordo com os temas acima descritos.

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

Tratava-se de um voo panorâmico, com um passageiro a bordo.

O piloto era devidamente habilitado para operar aquele equipamento e já havia atuado como instrutor no modelo em questão. Todavia, não foi possível comprovar a sua experiência recente ou manutenção operacional nesse modelo, visto que, à época do acidente, também operava outras aeronaves.

O passageiro possuía interesse na aviação, mas não era piloto. Devido a esse interesse, procurou o comandante para acompanhar aquele voo, conforme a indicação de um amigo em comum.

Assim, até a data da ocorrência, eles não se conheciam, sendo aquele o primeiro voo que realizavam juntos.

Uma vez que não foram identificados fatores relativos às condições meteorológicas e técnicas da aeronave, que pudessem ter contribuído para a ocorrência, a Comissão de Investigação focou sua análise na questão operacional e comportamental dos ocupantes.

Levando-se em consideração o perfil da aproximação, com grande ângulo e elevada razão de descida apresentada pela aeronave nos instantes finais do voo, existe a possibilidade de que esta possa ter entrado em uma situação conhecida como estol de vórtice.

Nesse sentido, três hipóteses foram levantadas:

- a) os comandos de voo teriam sido transferidos ao passageiro e não houve uma atuação tempestiva a fim de evitar a perda de controle da aeronave, em razão de uma condição de estol de vórtice;
- b) realização de um voo pairado fora do efeito solo; ou
- c) demonstração de autorrotação e entrada inadvertida em uma situação de estol de vórtice, com a perda de controle da aeronave.

Em relação à primeira hipótese, considerou-se a experiência e proficiência técnica para atuar nos comandos da aeronave.

Embora possuísse experiência, o piloto não atuava como instrutor no período que antecedeu a ocorrência, bem como operava outros modelos de aeronave.

O piloto havia se prontificado a receber o passageiro naquele voo, após ter sido indicado por um amigo em comum que possuíam. Entretanto, não foi possível determinar a finalidade do voo ou como ocorreu a interação entre piloto e passageiro.

Ao considerar que o piloto já havia atuado como instrutor e que o passageiro estava interessado na área da aviação, formulou-se a hipótese de que tal interesse possa ter influenciado o comportamento do piloto durante o voo.

Assim, considerou-se a possibilidade de que a relação estabelecida entre eles tenha levado o piloto a permitir que o passageiro atuasse nos comandos da aeronave, mesmo sem um prévio treinamento teórico ou prático para tal, a fim de lhe propiciar a oportunidade de aproveitar melhor aquela experiência.

Portanto o piloto, apoiado em sua considerável experiência de voo em helicópteros, teria passado o comando de voo ao passageiro e não teria conseguido atuar de forma tempestiva nos comandos, sendo surpreendido pela entrada inadvertida em uma situação de estol de vórtice.

Para sair dessa situação, a técnica de recuperação consistiria em reduzir o passo coletivo e levar o cíclico à frente, para aumentar a velocidade e sair da região de ar turbilhonado. Se houvesse altura suficiente, poder-se-ia, também, entrar em autorrotação.

De maneira geral, pilotos menos experientes tenderiam a iniciar a recuperação atuando no comando coletivo para cima, a fim de tentar diminuir a razão de descida, antes de levar o cíclico à frente. Essa tendência seria ainda maior se o helicóptero estivesse próximo ao solo.

É importante salientar que essas atitudes iriam causar o efeito contrário ao esperado, pois aumentariam a área estolada na seção interna do disco rotor, aumentando também a razão de descida da aeronave.

Tendo em vista que a aeronave se encontrava próxima ao peso máximo permitido, cuidados adicionais na antecipação do uso do motor e na aplicação dos comandos seriam necessários para viabilizar a saída da situação de estol de vórtice.

Nesse sentido, considerando que o piloto não desempenhava, à época da ocorrência, a função de instrutor de voo e que não estava voando regularmente esse modelo de aeronave, é possível supor que suas reações psicomotoras não correspondessem à demanda exigida para a realização da manobra.

Sem uma intervenção tempestiva e eficaz por parte do piloto, a aplicação inadequada de comandos por parte do passageiro teria levado a aeronave a um estol de vórtice e perda de controle.

Quanto à segunda hipótese, é possível que o piloto tenha realizado um voo pairado fora do efeito solo. Nesse caso, as condições de temperatura, peso e vento podem ter levado a uma situação em que a potência da aeronave não teria sido suficiente para manter o voo nivelado, contribuindo para uma perda de controle, mesmo que os comandos tivessem permanecido com o piloto durante todo o voo.

De forma semelhante à primeira hipótese levantada, nesta situação teria havido uma queda na RPM e conseqüente estol do rotor, uma vez que a dinâmica da queda não condizia com uma tentativa de pouso ou autorrotação, e sim com uma aeronave fora de controle.

O estol por queda de RPM está descrito, sucintamente, no item 1.19 Informações adicionais e na *Safety Notice* SN-24 (Figura 9).

Tal hipótese teve por respaldo o fato de que, embora o piloto possuísse reconhecida experiência de voo, inclusive na aeronave acidentada, não foi possível comprovar a sua experiência recente ou manutenção operacional nesse modelo.

No caso da terceira hipótese, tendo em vista que a aeronave se encontrava próxima ao peso máximo permitido, cuidados adicionais na antecipação do uso do motor e da aplicação dos comandos seriam necessários para viabilizar o sucesso de uma manobra de autorrotação.

Nesse caso, a recuperação com a aplicação de potência antes do nivelamento da aeronave e com um *flare* agressivo, faria com que o rotor ficasse na zona de ar turbilhonado (*downwash*).

É importante considerar que isto não aconteceria em uma situação real de autorrotação (com o motor cortado), pois devido à falta de potência, com a aplicação de coletivo não haveria a indução do fluxo de ar no sentido de deslocamento da aeronave.

Assim, o uso deficiente dos comandos, pode ter ocasionado um estol do rotor, sem que houvesse tempo suficiente para que o piloto interviesse de modo a corrigir o erro, conforme citado.

Tal fato seria potencializado caso o comandante tivesse transferido os comandos para o passageiro que, além de não possuir habilitação para pilotagem, não estaria submetido a um acompanhamento eficaz por parte do instrutor.

Esta situação já havia sido abordada pela *Robinson Helicopter* por meio do *Safety Notice* SN-20, Figura 7, que alertava sobre a grande incidência de acidentes ocorridos durante uma demonstração ou na fase inicial do treinamento de novos pilotos.

O SN-20 alertava que o instrutor deveria assumir os comandos e recuperar o controle da aeronave quando indícios de perda de controle por parte dos alunos se evidenciasse.

Porém, essa hipótese tende a ser menos provável, uma vez que, a elevada razão de descida apresentada no momento da ocorrência não era comum para o modelo de aeronave, sendo dificilmente compatível com o voo normal, inclusive em uma condição de autorrotação, o que reforçaria ainda mais as hipóteses explicadas anteriormente.

Adicionalmente, a Comissão de Investigação verificou que existia uma *Special Federal Aviation Regulation* N.73 (SFAR 73), emitida pela FAA que, dentre outros itens, estabelecia parâmetros especiais de treinamento e requisitos de experiência para todas as pessoas que buscassem operar ou atuar como piloto em comando nos helicópteros *Robinson* modelos R22 ou R44, indo dessa maneira, ao encontro das hipóteses formuladas nesse Relatório Final.

Nesse sentido, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) emitiu a IS 61-006, Revisão B, em junho de 2016, onde incluiu requisitos de endosso inicial para pilotos e instrutores de aeronaves R22 e R44, de acordo com os temas acima descritos nessa SFAR.

3. CONCLUSÕES.

3.1. Fatos.

- a) o piloto estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido;
- b) o piloto estava com as habilitações técnicas de aeronave tipo R22 e INVH válidas;
- c) não foi possível comprovar a experiência recente do comandante no tipo de aeronave;
- d) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido;
- e) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- f) não foi possível verificar se as escriturações das cadernetas de célula e motor estavam atualizadas, uma vez que foram destruídas no incêndio;
- g) a aeronave decolou de SSUE, com a finalidade de realizar um voo local, nos arredores da cidade de Ribeirão Preto, SP;
- h) houve uma perda de controle em voo e a aeronave veio a se acidentar nas proximidades do distrito de Bonfim Paulista, SP;
- i) o laudo técnico apontou que a aeronave e seus sistemas não apresentavam indícios de falhas antes da ocorrência;
- j) a aeronave descreveu uma trajetória com grande ângulo de descida e alta razão de afundamento;
- k) a aeronave ficou destruída; e
- l) os dois ocupantes faleceram no acidente.

3.2. Fatores contribuintes.

- Aplicação dos comandos - indeterminado.

Tendo em vista que não houve contribuição das condições técnicas da aeronave e nem das condições meteorológicas e, de acordo com a dinâmica do acidente, é possível que uma atuação inadequada nos comandos de voo tenha levado a aeronave a uma situação de perda de controle em voo, a qual não foi possível de ser revertida.

Tal situação teria levado a aeronave a um estol de vórtice, uma vez que a razão de descida teria sido demasiadamente grande, além de não haver praticamente nenhum deslocamento a frente.

- Capacitação e treinamento - indeterminado.

É possível que as reações psicomotoras exigidas do piloto para realizar as manobras necessárias para recuperação da aeronave em condição de estol tenham sido afetadas pela falta de experiência recente e manutenção da proficiência operacional no modelo, as quais não puderam ser comprovadas ao longo da investigação.

- Relações interpessoais - indeterminado.

Embora não tenha sido possível identificar a finalidade do voo, a presença do passageiro justificou-se pelo seu interesse na aviação.

A experiência como instrutor, aliada ao interesse demonstrado pelo passageiro em relação à aviação, pode ter induzido o piloto a permitir que o passageiro atuasse nos comandos da aeronave. Nesse contexto, a atuação incorreta nos comandos de voo poderia levar a aeronave à perda de controle decorrente de um estol de vórtice.

4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

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

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

Recomendações emitidas no ato da publicação deste relatório.

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

A-060/CENIPA/2014 - 01

Emitida em: 04/09/2018

Dar ampla divulgação dos ensinamentos colhidos nesta investigação, com ênfase a IS 61-006, Revisão B, em junho de 2016, principalmente nos Centros de treinamentos e Aeroclubes.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.

A ANAC emitiu a IS 61-006, Revisão B, em junho de 2016, onde incluiu requisitos de endosso inicial para pilotos e instrutores de aeronaves R22 e R44, de acordo com os temas descritos na SFAR 73.

Em, 4 de setembro de 2018.

