

COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



RELATÓRIO FINAL
A-038/CENIPA/2014

OCORRÊNCIA:	ACIDENTE
AERONAVE:	PT-YFV
MODELO:	R22
DATA:	18FEV2014



ADVERTÊNCIA

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

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

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

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

Este relatório não recorre a quaisquer procedimentos de prova para apuração de responsabilidade no âmbito administrativo, civil ou criminal; estando em conformidade com o Appendix 2 do Anexo 13 "Protection of Accident and Incident Investigation Records" da Convenção de Chicago de 1944, recepcionada pelo ordenamento jurídico brasileiro por meio do Decreto nº 21.713, de 27 de agosto de 1946.

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

Consequentemente, o seu uso para qualquer outro propósito, que não o de prevenção de futuros acidentes, poderá induzir a interpretações e a conclusões errôneas.

SINOPSE

O presente Relatório Final refere-se ao acidente com a aeronave PT-YFV, modelo R22, ocorrido em 18FEV2014, classificado como “[LOC-I] Perda de controle em voo”.

Durante um voo de instrução local, houve a perda de controle da aeronave e queda vertical sobre o mar.

A aeronave ficou destruída.

O piloto aluno faleceu e o piloto instrutor continuava desaparecido até o fechamento deste Relatório.

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



ÍNDICE

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS	5
1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....	6
1.1. Histórico do voo.....	6
1.2. Lesões às pessoas.....	6
1.3. Danos à aeronave.	6
1.4. Outros danos.....	6
1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.....	6
1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.....	6
1.5.2. Formação.....	7
1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.....	7
1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.....	7
1.5.5. Validade da inspeção de saúde.....	7
1.6. Informações acerca da aeronave.....	7
1.7. Informações meteorológicas.....	9
1.8. Auxílios à navegação.....	9
1.9. Comunicações.....	9
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	9
1.11. Gravadores de voo.....	10
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.....	10
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	12
1.13.1. Aspectos médicos.....	12
1.13.2. Informações ergonômicas.....	12
1.13.3. Aspectos Psicológicos.....	12
1.14. Informações acerca de fogo.....	12
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	12
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	13
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.....	14
1.18. Informações operacionais.....	14
1.19. Informações adicionais.....	14
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	16
2. ANÁLISE.....	16
3. CONCLUSÕES.....	18
3.1. Fatos.....	18
3.2. Fatores contribuintes.....	18
4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA	19
5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....	19

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CG	Centro de Gravidade
CIV	Caderneta Individual de Voo
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FAR	<i>Federal Aviation Regulation</i> - Regulação Federal da Aviação (FAA)
INVH	Habilitação de Instrutor de Voo - Helicóptero
IS	Instrução Suplementar
NAT	Nacional Aero Táxi Ltda.
NEP	Nacional Escola de Pilotagem
NTSB	<i>National Transportation Safety Board</i>
PCH	Licença de Piloto Comercial - Helicóptero
PPH	Licença de Piloto Privado - Helicóptero
PRI	Categoria de Registro de Aeronave Privada - Instrução
RHC	<i>Robinson Helicopter Company</i>
RPM	Revoluções Por Minuto
SBJR	Designativo de localidade - Aeródromo de Jacarepaguá, Rio de Janeiro, RJ
SERIPA III	Terceiro Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SFAR	<i>Special Federal Aviation Regulation</i> - Regulação Especial da FAA
SN	<i>Safety Notice</i> - Comunicado de Segurança
TMA-RJ	Área de Controle Terminal do Rio de Janeiro
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> - Tempo Universal Coordenado

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	Modelo: R22 Matrícula: PT-YFV Fabricante: <i>Robinson Helicopter Company</i>	Operador: NEP - Nacional Escola de Pilotagem Ltda.
Ocorrência	Data/hora: 18FEV2014 - 13:15 (UTC) Local: Barra de Guaratiba Lat. 23°04'40"S Long. 043°33'12"W Município - UF: Rio de Janeiro - RJ	Tipo(s): [LOC-I] Perda de controle em voo Subtipo(s): NIL

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Aeródromo de Jacarepaguá (SBJR), Rio de Janeiro, RJ, por volta das 13h00min (UTC), a fim de realizar um voo local de instrução, com dois pilotos a bordo.

Após cerca de quinze minutos de voo, a aeronave executou um pouso na Pedra da Tartaruga, com a finalidade de simular pouso em área restrita elevada, como parte do treinamento. Logo após a decolagem, a aeronave saiu de controle de forma abrupta e caiu verticalmente, com giro em torno do seu eixo vertical, até colidir contra a água.

A aeronave ficou destruída.

O piloto aluno faleceu e o piloto instrutor continuava desaparecido até o fechamento deste Relatório.

1.2. Lesões às pessoas.

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

Obs: piloto instrutor continuava desaparecido até o fechamento deste Relatório.

1.3. Danos à aeronave.

A aeronave ficou destruída.

1.4. Outros danos.

Não houve.

1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.

1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.

Discriminação	Horas Voadas	
	Instrutor	Aluno
Totais	Desconhecido	61:10
Totais, nos últimos 30 dias	52:25	13:00
Totais, nas últimas 24 horas	02:00	01:00
Neste tipo de aeronave	123:10	61:10
Neste tipo, nos últimos 30 dias	52:25	13:00
Neste tipo, nas últimas 24 horas	02:00	01:00

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

1.5.2. Formação.

O instrutor e o aluno realizaram o curso de Piloto Privado - Helicóptero (PPH) na NEP - Nacional Escola de Pilotagem, no Rio de Janeiro, RJ, em 2011 e 2013, respectivamente.

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

O instrutor possuía a licença de Piloto Comercial - Helicóptero (PCH) e estava com as habilitações de aeronave tipo R22 e Instrutor de Voo - Helicóptero (INVH) válidas.

O aluno possuía a licença de Piloto Privado - Helicóptero (PPH) e estava com a habilitação de aeronave tipo R22 válida.

1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

Os pilotos estavam qualificados.

O instrutor possuía cerca de 123 horas no modelo da aeronave e o aluno cerca de 61 horas.

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 R22, número de série 270, foi fabricada pela *Robinson Helicopter Company* (RHC), em 1997, e estava inscrita na Categoria de Registro Privada de Instrução (PRI).

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

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

A última inspeção da aeronave, do tipo "50 horas", foi realizada em 16FEV2014 pela organização de manutenção NAT (Nacional Aero Táxi Ltda.), no Rio de Janeiro, RJ, estando com 1 hora e 30 minutos voados após a inspeção.

A última inspeção maior da aeronave, do tipo "2.200 horas", foi realizada em 25NOV2012 pela organização de manutenção NAT, no Rio de Janeiro, RJ, estando com 996 horas e 5 minutos voados após a inspeção.

Características da aeronave

O helicóptero modelo R22 possuía rotor bipá do tipo semirrígido (gangorra).

Os rotores semirrígidos são suscetíveis à ocorrência do fenômeno de *mast bumping* quando submetidos a condições de voo com baixa força G ou força G negativa.

Esse fenômeno pode ser agravado por um comando de cíclico à frente, cíclico à esquerda ou coletivo para baixo, de acordo com o descrito no manual de voo, *R22 Pilot's Operating Handbook*, publicado pelo fabricante, especificamente na *caution* da página 2-6, *Section 2 - Limitations* (Figura 1).

ROBINSON R22 SERIES	SECTION 2 LIMITATIONS
FLIGHT AND MANEUVER LIMITATIONS	
Aerobatic flight prohibited.	
CAUTION	
Abrupt control inputs may produce high fatigue stresses and cause catastrophic failure of a critical component.	
Low-G cyclic pushovers prohibited.	
CAUTION	
A pushover (forward cyclic maneuver) performed from level flight or following a pull-up causes a low-G (near weightless) condition which can result in catastrophic loss of lateral control. To eliminate a low-G condition, immediately apply gentle aft cyclic. Should a right roll commence during a low-G condition, apply gentle aft cyclic to reload rotor <u>before</u> applying lateral cyclic to stop the roll.	

Figura 1 - Advertências sobre *low G* no manual da aeronave.

A *Safety Notice* (SN) 11, abaixo, descreve o perigo da condição de baixa carga G causada por comandos de cíclico à frente logo após uma subida ou a partir do voo nivelado, descrevendo a forte tendência de rolagem à direita, produzida pela combinação da reação do torque do rotor principal com a tração do rotor de cauda (Figura 2).

ROBINSON HELICOPTER COMPANY
Safety Notice SN-11
Issued: Oct 82 Rev: Nov 00
<p>LOW ----- GEROUS</p> <p>Pushing the cyclic forward following a pull-up or rapid climb, or even from level flight, produces a low-G (weightless) flight condition. If the helicopter is still pitching forward when the pilot applies aft cyclic to reload the rotor, the rotor disc may tilt aft relative to the fuselage before it is reloaded. The main rotor torque reaction will then combine with tail rotor thrust to produce a powerful right rolling moment on the fuselage. With no lift from the rotor, there is no lateral control to stop the rapid right roll and mast bumping can occur. Severe in-flight mast bumping usually results in main rotor shaft separation and/or rotor blade contact with the fuselage.</p> <p>The rotor must be reloaded before lateral cyclic can stop the right roll. To reload the rotor, apply an immediate gentle aft cyclic, but avoid any large aft cyclic inputs. (The low-G which occurs during a rapid autorotation entry is not a problem because lowering collective reduces both rotor lift and rotor torque at the same time.)</p> <p>Never attempt to demonstrate or experiment with low-G maneuvers, regardless of your skill or experience level. Even highly experienced test pilots have been killed investigating the low-G flight condition. Always use great care to avoid any maneuver which could result in a low-G condition. Low-G mast bumping accidents are almost always fatal.</p>
NEVER PERFORM A LOW-G PUSHOVER!!

Figura 2 - *Safety Notice* 11.

Com a finalidade de reduzir a possibilidade de ocorrência de *mast bumping*, relacionados com aplicações de comando inadequadas pelo piloto, a *Safety Notice SN-32 - High Winds or Turbulence* descreve procedimentos a serem tomados e/ou evitados ao se enfrentar condições de ventos fortes ou turbulência.

Entre os procedimentos a serem adotados, destaca-se o item 4, que orienta a não contrariar as reações da aeronave, mas, deixá-la “seguir com a turbulência”. Além disso, a nota ao pé da página informa que o piloto deve voar com cautela quando estiver sozinho ou com baixo peso, pois a aeronave ficará mais suscetível à turbulência (Figura 3).

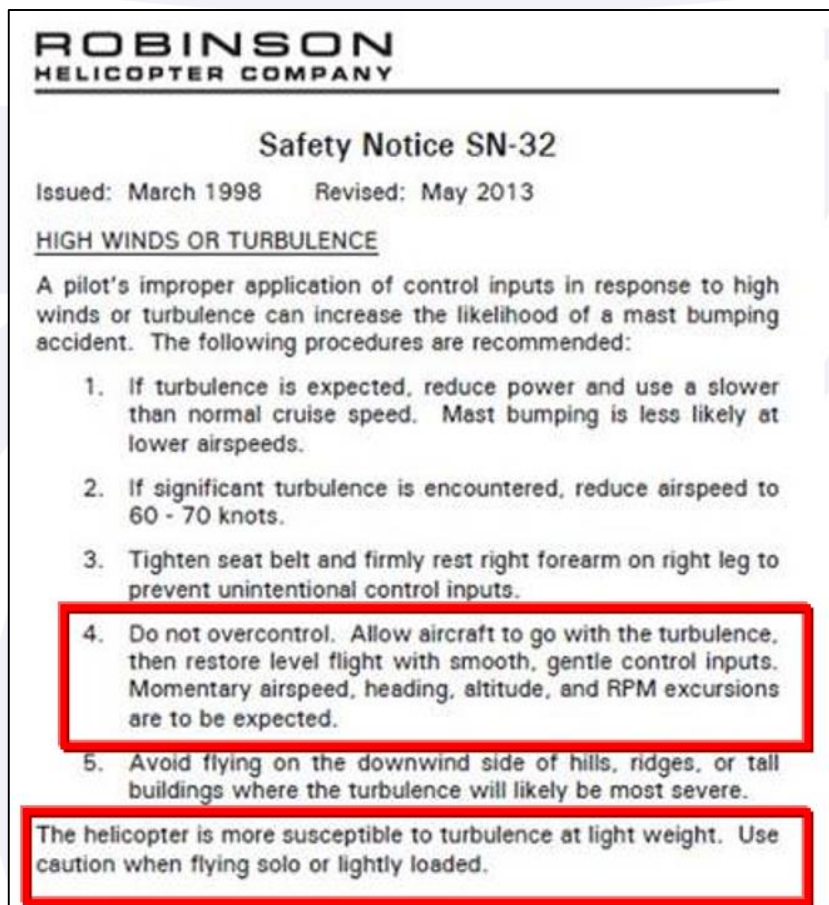


Figura 3 - *Safety Notice* 32 sobre ventos fortes e turbulência.

1.7. Informações meteorológicas.

As condições meteorológicas eram favoráveis ao voo visual.

Não havia qualquer registro de turbulência na Área Terminal do Rio de Janeiro (TMA-RJ), nem qualquer publicação de Aviso de Aeródromo, informando sobre a possibilidade de ventos fortes com rajadas.

Moradores das proximidades do local do acidente informaram que ventava forte no sentido mar - continente naquela ocasião.

1.8. Auxílios à navegação.

Nada a relatar.

1.9. Comunicações.

Nada a relatar.

1.10. Informações acerca do aeródromo.

A ocorrência se deu fora de aeródromo.

1.11. Gravadores de voo.

Não requeridos e não instalados.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

A maior parte dos destroços foi encontrada seis dias após o acidente, em uma profundidade entre 20 e 30 metros, cerca de 200 metros da Pedra da Tartaruga (Figura 4).



Figura 4 - Croqui do local da decolagem e local aproximado onde os destroços foram encontrados. Fonte: Google.

Parte do cone de cauda, a caixa de transmissão traseira e o rotor de cauda não foram encontrados. A outra parte do cone de cauda permaneceu fixada à fuselagem. A cabine ficou totalmente destruída (Figura 5).



Figura 5 - Destroços da aeronave após a retirada do mar.

Foi identificado que uma das pás do rotor principal apresentava deflexão para cima, a partir do primeiro terço no sentido raiz ponta (Figuras 6 e 7).



Figura 6 - Uma das pás do rotor principal com deflexão para cima, a partir do primeiro terço no sentido raiz ponta.



Figura 7 - Deflexão para cima encontrada em uma das pás do rotor principal.

A outra pá apresentava quebra perpendicular à sua extensão (Figura 8).



Figura 8 - Detalhe de uma das pás com quebra perpendicular à sua extensão.

Os *drop stops* da cabeça do rotor principal estavam partidos (Figura 9).

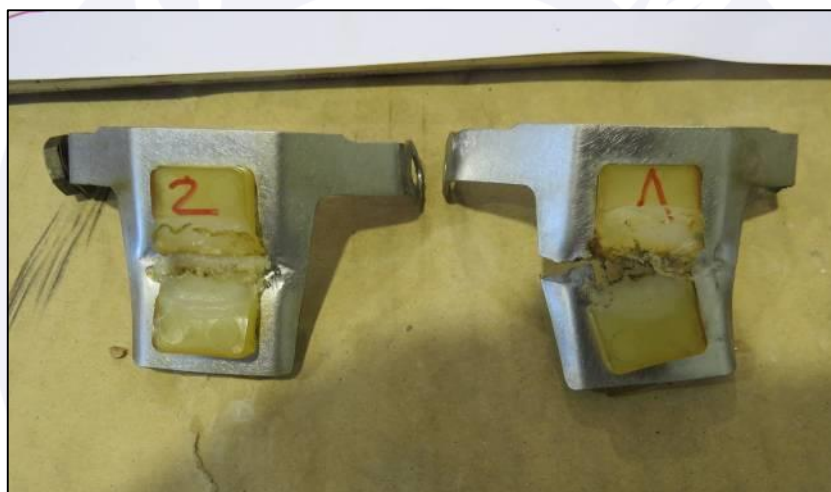


Figura 9 - *Drop stops* da cabeça do rotor principal partidos.

1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.

1.13.1. Aspectos médicos.

Nada a relatar.

1.13.2. Informações ergonômicas.

Nada a relatar.

1.13.3. Aspectos Psicológicos.

Nada a relatar.

1.14. Informações acerca de fogo.

Não houve fogo.

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

Não houve sobreviventes.

1.16. Exames, testes e pesquisas.

O motor da aeronave foi desmontado e analisado na empresa NAT, com sede no Aeródromo de Jacarepaguá, com a participação dos investigadores encarregados do acidente, além de representantes do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA).

O relatório de análise concluiu que o motor apresentava oxidação e corrosão acentuadas, em virtude do contato com água salina, mas não apresentava grandes avarias decorrentes do impacto.

Os componentes que puderam ser analisados indicaram que o motor estava operacional e funcionando no instante em que ocorreu o impacto contra a superfície da água.

Alguns componentes da cabeça do rotor principal foram enviados ao DCTA com a finalidade de realizar análise e identificar o tipo de quebra e possíveis falhas de material.

Foram analisados os *pitch links*, o *yoke half* e a *swashplate* (Figura 10).



Figura 10 - Componentes da cabeça do rotor principal enviados para análise no DCTA.

O relatório do DCTA concluiu que todos os componentes avaliados sofreram fraturas por sobrecarga.

A transmissão principal da aeronave foi analisada na sede do fabricante na cidade de *Torrance, California* - EUA, na presença do investigador encarregado do Terceiro Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SERIPA III) e do representante da RHC (Figura 11).

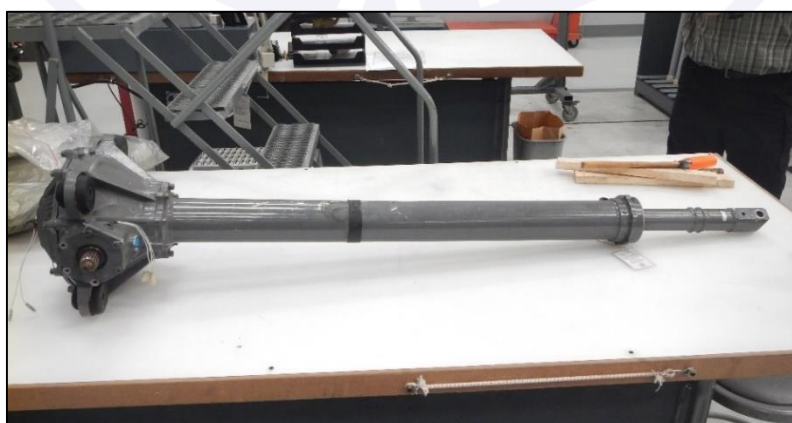


Figura 11 - Transmissão principal da aeronave analisada na sede do fabricante.

O relatório de análise indicou que não foram encontrados indícios de falha material ou mecânica que pudessem resultar em operação anormal do componente antes do impacto da aeronave contra o mar.

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

Nada a relatar.

1.18. Informações operacionais.

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

A decolagem ocorreu de SBJR para realizar um voo local de instrução, com dois pilotos a bordo.

Com cerca de quinze minutos de voo, a aeronave pousou na Pedra da Tartaruga, em um ponto a cerca de 87 metros de altura, com a finalidade de realizar simulação de pouso em área restrita elevada, como parte do treinamento.

De acordo com moradores próximos ao local do evento, logo após a decolagem em direção ao mar, o helicóptero iniciou uma queda abrupta e vertical até o impacto, girando em torno de seu eixo vertical.

Considerando a direção do vento, constatou-se que a aeronave decolou para o lado de barlavento da Pedra da Tartaruga onde, normalmente, eram esperadas correntes de vento ascendentes, devido à existência do obstáculo natural.

1.19. Informações adicionais.

Mast bumping ou batida da canga no mastro

O *mast bumping* é um efeito aerodinâmico característico de helicópteros bipá, os quais possuem cabeça do rotor principal do tipo semirrígido.

A batida da canga no mastro é um fenômeno que ocorre unicamente em helicópteros equipados com rotores semirrígidos e, frequentemente, é iniciado por atuação inapropriada por parte do piloto no comando cíclico em condição de voo com fator de carga abaixo de 0,5g. (LÍRIO, THIAGO ALEXANDRE, 2012, p.105).

O *mast bumping* causa danos à cabeça do rotor principal e, em casos mais severos, ao próprio mastro do rotor. A consequência mais grave é a separação entre o rotor e a fuselagem (*in flight break up*).

Comandos inapropriados no cíclico podem iniciar uma condição de *low G*, com redução da tração do rotor principal. Em aeronaves com rotor de cauda localizado acima do Centro de Gravidade (CG), essa condição gera um movimento de rolagem para o lado da tração.

Movimentos bruscos de cíclico em voo reto e nivelado ou ao final de uma subida podem colocar o helicóptero em uma condição de voo com fator de carga abaixo de 1g (*low g*) ou até mesmo negativo. A tração do rotor principal semirrígido em voo com fator de carga baixo é significativamente reduzida, a ponto de a atuação lateral do cíclico ter pouca ou nenhuma eficiência. Dessa feita, o rotor de cauda, normalmente instalado acima do CG da aeronave, gera momento de rolagem para o lado de sua tração. (op. cit).

Nos helicópteros que possuem rotores com sentido de rotação anti-horário, se houver tentativa de contrariar a tendência natural da aeronave em rolar para a direita, pode ocorrer o *mast bumping* com consequências catastróficas, como um *in flight break up*.

Em um voo com fator de carga baixo, o rotor principal ainda responde aos inputs de cíclico, mas, por não estar mais produzindo tração efetiva, a resposta não é transmitida a fuselagem. Se o piloto tentar corrigir o momento de rolagem à direita com comando de cíclico à esquerda, o que é perfeitamente factível, o ângulo de

batimento das pás pode aumentar o suficiente para permitir a batida da canga no mastro, ou *mast bumping*. Devido às oscilações imprevisíveis de um sistema que sofre separação do rotor, essa condição pode provocar *in flight break up* na fuselagem. (op. cit).

Além do comando inapropriado do piloto no cíclico, outras condições podem iniciar uma condição de *mast bumping*, como turbulência, rajada de vento e voos laterais próximos da velocidade máxima permitida em manual.

Curso de formação

Não havia instruções teóricas ou práticas sobre *low G*, *mast bumping*, formas de identificação e de correção da tendência de rolagem para o lado de tração do rotor de cauda no programa de instrução dos cursos de piloto privado e comercial de helicópteros ministrados pelas escolas de aviação no Brasil.

SFAR 73

Em virtude de diversos acidentes envolvendo aeronaves R22 e R44, entre os anos de 1981 e 1995, aparentemente sem explicação plausível, o *National Transportation Safety Board* (NTSB) realizou uma investigação especial para a apuração dos casos, englobando aqueles que envolviam perda de controle em voo.

A investigação concluiu que limitações operacionais das aeronaves e treinamento deficiente dos tripulantes eram fatores contribuintes presentes nos acidentes.

A conclusão culminou com a elaboração de um regulamento especial, denominado *Special Federal Aviation Regulation N.73* (SFAR 73) em 1995, em adição ao *Federal Aviation Regulation (FAR) part 61*, que tratava de critérios de certificação de pilotos e instrutores.

Segundo a *Federal Aviation Administration* (FAA) e o NTSB, a adoção do SFAR 73 trouxe queda considerável na quantidade de acidentes relacionados a perda de controle em voo nas aeronaves R22 e R44.

O SFAR 73 consistia em uma rotina de treinamentos, teórico e prático, para familiarização de pilotos, instrutores e alunos quanto ao comportamento em voo dos modelos R22 e R44 quando submetidos a determinados envelopes operacionais. O treinamento de familiarização foi elaborado de modo que fossem abordados o gerenciamento da energia, *mast bumping*, baixa RPM do rotor principal, riscos de manobras de *low G* e redução da velocidade do rotor principal.

Nos Estados Unidos da América, o SFAR 73 é aplicável às aeronaves R22 e R44.

No Brasil, na época da ocorrência, o SFAR 73 não era aplicável às aeronaves R22 e R44 pois, no momento da validação das suas certificações, ele ainda não havia sido emitido e os processos não haviam sido revisados após a emissão.

Atualmente, há a previsão da aplicação dos treinamentos previstos pelo SFAR 73, na Instrução Suplementar (IS) 61-006, da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), com necessidade de endosso na CIV do piloto (Figura 12).

Data de emissão: 22 de junho de 2020 Data de vigência: 1º de julho de 2020		IS nº 61-006 Revisão G			
APÊNDICE B - TABELAS DE MODELOS DE AERONAVE CLASSE QUE REQUEREM ENDOSSO ESPECÍFICO					
CLASSE HELICÓPTEROS MONOMOTORES CONVENCIONAIS					
(1) FABRICANTE	(2) MODELO	(3) DESIGNATIVOS PARA FINS DO EXAME PREVISTO EM 61.199(b)(2)	(4) INSTRUÇÃO REQUERIDA PARA O ENDOSSO	(5) QUALIFICAÇÃO MÍNIMA DO PILOTO ENDOSSANTE	(6) OBSERVAÇÕES ADICIONAIS
Robinson	R 22	R22	<p><u>Endosso inicial</u></p> <p>a) Instrução de solo (SFAR 73 Awareness Training) que inclua os seguintes assuntos:</p> <p>(1) Gerenciamento da energia cinética da aeronave;</p> <p>(2) <i>Mast bumping</i>;</p> <p>(3) Baixa rotação do rotor (estol de pá);</p> <p>(4) Perigos da condição de <i>low G</i>; e</p> <p>(5) Queda de RPM do rotor.</p> <p>b) 10 horas de instrução de voo que incluam os seguintes procedimentos:</p> <p>(A) Treinamento avançado de autorotação;</p> <p>(B) Controle de RPM do rotor sem o uso do governador;</p>	INVH que tenha recebido instrução em todos os procedimentos previstos para o endosso inicial e possua, no mínimo, 200 horas de voo em helicópteros, das quais 50 horas em R22.	

Origem: SPO



AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL

25/34

Figura 12 - Previsão de endosso de treinamento (SFAR 73) para o R22. Fonte: ANAC.

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

Os pilotos estavam qualificados e suas habilitações e inspeções de saúde estavam válidas.

O total de horas de voo do instrutor era desconhecido, porém ele possuía cerca de 123 horas no R22 o que poderia indicar pouca experiência no modelo.

Há que se considerar, ainda, que nenhum dos pilotos havia recebido treinamento específico para evitar o *mast bumping*, o qual é um efeito aerodinâmico característico de helicópteros com rotor principal bipá do tipo semirrígido (gangorra), como o R22, e que pode causar danos à cabeça do rotor principal e, em casos mais severos, ao próprio mastro do rotor.

A decolagem em condições de turbulência da Pedra da Tartaruga, onde, normalmente, eram esperadas correntes de vento ascendentes, devido à existência do obstáculo natural em um ponto a cerca de 87 metros de altura em relação ao mar, podem ter propiciado condições que favoreciam a ocorrência de *low G* e *mast bumping* severos, conforme descrito na *Safety Notice SN 32*, tendo em vista que moradores das proximidades do local do acidente informaram que ventava forte no sentido mar continente naquela ocasião.

No acidente em questão, a turbulência associada à possibilidade de o aluno em instrução ter comandado o cíclico à frente, pode ter reduzido, ainda mais, a carga no disco do rotor principal.

Dessa forma, haveria uma forte tendência de rolagem lateral à direita, devido ao posicionamento do CG em relação ao ponto de tração do rotor de cauda. Possivelmente, de forma instintiva, haveria a tentativa do piloto em recuperar o controle da aeronave, comandando o cíclico à esquerda, o que agravaria mais a situação (Figura 13).

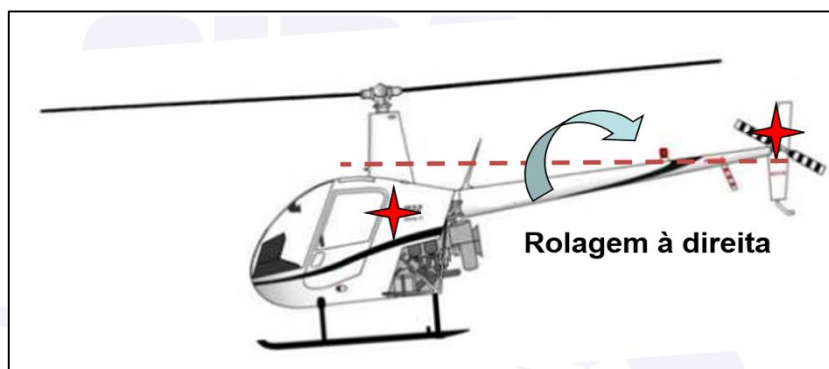


Figura 13 - Ilustração explicativa da tendência de rolagem à direita em condições de *low G* em aeronaves com rotor de cauda acima do CG (posição de voo à frente).

Nesse cenário, ocorreria a inclinação do disco do rotor principal, sem que a fuselagem da aeronave acompanhasse o movimento, causando o *mast bumping* severo identificado na análise dos *drop stops*.

A análise dos destroços mostrou que uma das pás do rotor principal apresentava uma quebra perpendicular à sua extensão. Essa evidência, associada ao fato de que parte do cone de cauda, juntamente com todo o conjunto rotativo traseiro, não ter sido encontrado junto aos destroços, leva à hipótese de que essa pá impactou contra o cone de cauda, causando danos suficientes para reduzir drasticamente os efeitos aerodinâmicos de antitorque do conjunto rotativo traseiro.

Possivelmente, após o impacto, a fuselagem da aeronave tendeu a continuar o movimento no sentido contrário ao de rotação do rotor principal, pois já não havia tração antitorque do rotor de cauda, permitindo, dessa forma, o giro em torno do seu eixo vertical, conforme identificado por moradores nas proximidades do local do acidente.

Nesse cenário, a colisão de uma das pás contra o cone de cauda causaria a quebra do conjunto rotativo da cabeça do rotor principal, incluindo os *pitch links*, por sobrecarga, conforme conclusão do relatório de análise do DCTA.

Ademais, após o impacto de uma das pás, haveria a redução brusca e instantânea da RPM do rotor principal, causando a deflexão para cima da outra pá (a partir do primeiro terço no sentido raiz ponta), deformação, esta, característica de um rotor principal com baixa RPM.

Corroboram essa análise as conclusões dos relatórios do motor e da transmissão principal, os quais indicaram que não foram encontrados indícios de falha material ou mecânica que pudessem resultar em operação anormal dos componentes.

Dessa forma, é possível inferir que a aplicação de comando de forma inadequada, por parte do piloto, frente a essa condição, teria contribuído para o acidente, pois seria fundamental para o início do *mast bumping*.

Por outro lado, a aplicação de comandos por parte do piloto neste acidente era um comportamento esperado, considerando que não havia instruções teóricas ou práticas sobre *low G*, *mast bumping* e formas de identificação e de correção da tendência de rolagem para o lado de tração do rotor de cauda no programa de instrução dos cursos de piloto privado e comercial de helicópteros ministrados pelas escolas de aviação no Brasil.

Uma investigação do NTSB apontou que limitações operacionais das aeronaves e treinamento deficiente dos tripulantes eram fatores contribuintes presentes nos acidentes. Tal investigação resultou na elaboração de um regulamento especial, denominado SFAR 73, em 1995, em adição ao *FAR part 61*, que tratava de critérios de certificação de pilotos e instrutores.

O SFAR 73 consistia em uma rotina de treinamentos, teórico e prático, para familiarização de pilotos, instrutores e alunos quanto ao comportamento em voo dos modelos R22 e R44 quando submetidos a determinados envelopes operacionais.

O treinamento de familiarização foi elaborado de modo que fossem abordados o gerenciamento da energia, *mast bumping*, baixa RPM do rotor principal, riscos de manobras de *low G* e redução da velocidade do rotor principal.

Enquanto, nos EUA, o SFAR 73 era aplicável às aeronaves R22 e R44, no Brasil, contudo, esse treinamento só passou a ser aplicado a esses modelos de aeronaves após a sua inclusão na IS 61-006.

Segundo a FAA e o NTSB, a adoção do SFAR 73 trouxe queda considerável na quantidade de acidentes relacionados à perda de controle em voo nas aeronaves R22 e R44, mas, por não ser aplicável no Brasil, não pôde contribuir para evitar o acidente desta investigação.

Considerou-se, portanto, que a falta de obrigatoriedade do treinamento do SFAR 73 aos pilotos de R22 e R44 que operavam suas aeronaves sob as regras aeronáuticas brasileiras, à época, pode ter contribuído para o acidente, pois não possibilitou ao piloto receber treinamento que poderia ajudá-lo a evitar ou, a identificar e corrigir uma situação de *low G* durante a operação da aeronave.

3. CONCLUSÕES.

3.1. Fatos.

- a) os pilotos estavam com os Certificados Médicos Aeronáuticos (CMA) válidos;
- b) os pilotos estavam com as habilitações de aeronave tipo R22 válidas;
- c) os pilotos estavam qualificados;
- d) o instrutor possuía cerca de 123 horas de voo e o aluno cerca de 61 horas no modelo de aeronave;
- e) nenhum dos pilotos havia recebido o treinamento para evitar ou corrigir uma situação de *low G*;
- f) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido;
- g) a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- h) as escriturações das cadernetas de célula e motor estavam atualizadas;
- i) as condições meteorológicas eram propícias à realização do voo;
- j) a tripulação realizou uma decolagem da Pedra da Tartaruga, localizada a 87 metros de altura;
- k) havia o relato de observadores de que ventava forte no sentido mar-continente;
- l) após a decolagem, a aeronave saiu de controle de forma abrupta e caiu verticalmente, com giro em torno do seu eixo vertical, até colidir contra a água;
- m) a aeronave ficou destruída; e
- n) o aluno faleceu e o instrutor não foi encontrado até o fechamento deste relatório.

3.2. Fatores contribuintes.

- **Aplicação dos comandos - indeterminado.**

É provável que o piloto tenha comandado cíclico à esquerda, logo após à rolagem da aeronave à direita, após a condição de *low G* enfrentada, e, dessa forma, pode ter

contribuído com o acidente, causando o *mast bumping*, ponto de irreversibilidade do acidente.

- **Condições meteorológicas adversas - indeterminado.**

Considerando as condições de vento e a proximidade com a Pedra da Tartaruga, é provável que a aeronave tenha encontrado ventos fortes e turbulência, propiciando a entrada em condição de *low G*.

- **Instrução - indeterminado.**

A inexistência de instruções teóricas sobre *low G* e *mast bumping*, nos programas de instrução dos cursos de piloto privado helicóptero, piloto comercial helicóptero e formação de pilotos em R22 e R44 pode ter contribuído para o acidente, uma vez que estes não haviam recebido treinamento relacionado às reações recomendadas diante dessas condições de operação.

4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

Recomendação 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”.

As ações corretivas adotadas foram consideradas adequadas para mitigar os fatores contribuintes.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.

A ANAC incluiu a necessidade de endosso na CIV dos pilotos, com o cumprimento obrigatório do treinamento previsto pelo SFAR 73, com os seguintes assuntos: gerenciamento da energia cinética da aeronave; *mast bumping*, baixa rotação do rotor (estol de pá); perigos da condição de *low G* e queda da RPM do rotor.

Em, 04 de outubro de 2021.