



RELATÓRIO SUMÁRIO DE INCIDENTE COM AERONAVE AIRCRAFT INCIDENT SUMMARY REPORT

Falha catastrófica da cambota do motor

Engine crankshaft catastrophic failure

1 - SINOPSE

1 - SYNOPSIS

PROCESSO GPIAAF GPIAAF PROCESS ID 06/INCID/2015		<i>Classificação Classification</i> Incidente Incident	
		<i>Tipo de evento Type of event</i> (SFC-PP) - Falha ou mau funcionamento de sistema ou componente - propulsão System/component failure or malfunction – powerplant	
OCORRÊNCIA OCCURRENCE			
<i>Data Date</i> 07-04-2015	<i>Hora Time</i> 10:05 UTC	<i>Local Location</i> N038° 42' 17", W009° 21' 16", Montijo (LPMT)	
AERONAVE AIRCRAFT			
<i>Tipo Type</i> Robinson R44 Raven II		<i>N.º de série Serial No.</i> 11738	<i>Matrícula Registration</i> CS-HGF
<i>Categoria Category</i> Helicóptero Helicopter			<i>Operador Operator</i> Helibravo
VOO FLIGHT			
<i>Origem Origin</i> Cascais (LPCS)		<i>Destino Destination</i> Cascais (LPCS)	
<i>Tipo de voo Type of flight</i> Aviação Geral - treino General Aviation - training		<i>Tripulação Crew</i> 02	<i>Passageiros Passengers</i> 00
<i>Fase do voo Phase of flight</i> Aproximação Approach		<i>Condições de luminosidade Lighting conditions</i> Diurno Daylight	
CONSEQUÊNCIAS CONSEQUENCES			
<i>Lesões Injuries</i>	<i>Tripulação Crew</i>	<i>Passageiros Passengers</i>	<i>Outros Other</i>
Fatais Fatal	0	0	0
Graves Serious	0	0	0
Ligeiras Minor	0	0	0
Nenhuma None	2	0	0
Total	2	0	0
<i>Danos na aeronave Aircraft damage</i> Menores Minor		<i>Outros danos Other damage</i> Nenhum None	

2 - DESCRIÇÃO FACTUAL DA OCORRÊNCIA

2 - FACTUAL OCCURRENCE DESCRIPTION

História do voo

Uma aeronave Robinson R44 II, descolou do Aeródromo de Cascais (LPCS) no dia 7 de abril de 2015 rumo à base militar do Montijo (LPMT), com um piloto instrutor e um aluno piloto a bordo para um voo de treino de aproximações por instrumentos. A missão n.º 17 do programa de formação IR(H), com

History of the flight

A Robinson R44 II aircraft, departed from Cascais Airfield (LPCS) on April 7th, 2015, heading to Montijo military air base (LPMT), with an instructor pilot and a student pilot on board to perform an instrument approach training flight. The No. 17 mission of the IR(H) training program, with an expected duration of



duração prevista de duas horas, contemplava manobras de aproximação por instrumentos previstas para a pista 26 de LPMT e posterior regresso a LPCS para treino de VOR.

Na fase final da terceira aproximação a LPMT, perto dos mínimos a cerca de 300ft, e durante o procedimento de descontinuar a aterragem (*go-around*), vibrações e ruídos anormais foram percebidos por ambos os ocupantes, acompanhado de indicações luminosas no painel de instrumentos de: “FUEL FILTER”, “AUX FUEL PUMP” e “CLUTCH” (esta última intermitente).

Atendendo às indicações e comportamento anormal da aeronave, o piloto instrutor assumiu os comandos, declarou emergência e executou uma aterragem de emergência rolada conforme procedimentos previstos.

two hours, intended instrument approach manoeuvres planned for runway 26 of LPMT and later return to LPCS for VOR training.

During the final phase of the third approach to LPMT, close to minima at around 300ft, and during the go-around procedure, abnormal vibrations and noises were perceived by both occupants, followed by several anomaly indications on the instrument panel through the illumination of the following lights: “FUEL FILTER”, “AUX FUEL PUMP” and a flickering “CLUTCH”.

Following the aircraft abnormal behaviour and indications, the instructor pilot took the controls, declared emergency and performed a rolled emergency landing as per the established procedures.



Figura 1 ||
Posição final da aeronave

Figure 1 ||
Aircraft final position



As condições meteorológicas no local eram de céu parcialmente nublado (SCT3000), com vento fraco de Oeste com visibilidade horizontal de 10 km ou superior.

Lesões e danos

A tripulação saiu ilesa da aeronave.

A aeronave sofreu danos na proteção dos patins e uma falha catastrófica da cambota do motor.

The meteorological conditions at the site were partially cloudy sky (SCT3000), low intensity West wind and a visibility of 10km or more.

Injuries and damages

The crew left the aircraft unharmed.

The aircraft suffered damage to the landing skids shoes and a catastrophic failure of the engine crankshaft.

3 - SOBRE A INVESTIGAÇÃO

O ex-GPIAA foi notificado tendo desenvolvido as necessárias ações para proceder à recolha de evidências da ocorrência.

Considerando as circunstâncias do evento e atendendo a que a ocorrência se configura como um incidente grave, o ex-GPIAA abriu um processo de investigação de segurança, em cumprimento do Regulamento (UE) n.º 996/2010 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de outubro, e do Decreto-Lei n.º 318/99, de 11 de agosto.

A referida legislação prevê que o relatório da investigação, conformando-se com as normas e práticas internacionais, adotará forma apropriada ao tipo e gravidade do acidente ou incidente.

Analisadas as evidências disponíveis e os testes realizados, a equipa de investigação entende que o evento tem reduzida complexidade e que os ensinamentos de segurança a retirar do mesmo são limitados, ficando cobertos pelo âmbito e abrangência do trabalho realizado, permitindo assim a apresentação dos seus resultados num formato mais simples do que o requerido pelo Anexo 13 da ICAO.

Nestas circunstâncias, com o presente Relatório Sumário dá-se por encerrado o processo de investigação, divulgando junto da comunidade aeronáutica os factos apurados e as constatações relevantes, assim como as conclusões e

3 - ABOUT THE INVESTIGATION

The former GPIAA was notified having developed the necessary actions to proceed with evidence gathering of the event.

Considering the event boundaries and circumstances, the occurrence was classified as serious incident, former GPIAA initiated a safety investigation process in accordance with EU Regulation No. 996/2010 from the European Parliament and Council, of October 20th, and Portuguese Decree-Law No. 318/99, of August 11th.

The above-mentioned legislation states that the investigation report, while complying with international rules and practices, shall adopt the format most appropriate to the type and severity of the accident or incident.

Analysing the available evidence and the performed tests results, the investigation team considers that the event has a low level of complexity and that the extractable safety learning is limited, being sufficiently covered by the remit of the work carried out so far, thus allowing to present its results in a simpler way than the formal ICAO Annex 13 format.

In these circumstances, the safety investigation is closed with the publishing of this Summary Report, disseminating within the aeronautical community the relevant evidence and findings, as well as the conclusions and learning resulting from the

ensinamentos resultantes da investigação no sentido de prevenir a sua repetição através do alerta para os aspetos de segurança que o incidente grave suscita.

investigation, to prevent its reoccurrence by raising the awareness to the safety issues evidenced by the serious incident.

4 - CONSTATAÇÕES RELEVANTES

4 - RELEVANT FINDINGS

Tripulação técnica de voo

O piloto instrutor, do sexo masculino, 38 anos de idade à data do evento, de nacionalidade Portuguesa, era titular de uma Licença de Piloto de Linha Aérea (Helicóptero) e de um certificado médico, ambos válidos à data do evento.

O aluno piloto, do sexo feminino, 34 anos de idade à data do evento, de nacionalidade Portuguesa, era titular de uma Licença de Piloto Comercial (Helicóptero) e de um certificado médico, ambos válidos à data do evento.

Não há indícios de que qualquer condição médica tenha interferido negativamente na ocorrência.

A aeronave

O Robinson R44 Raven II é um helicóptero monomotor de pequeno porte com capacidade para quatro ocupantes, equipado com duplo comando, um rotor principal oscilante de duas pás e trem de aterragem do tipo patins.

O helicóptero era utilizado pelo operador como aeronave privada pelos seus proprietários, bem como em atividades comerciais de formação inicial de pilotos, assim como voos privados turísticos e de lazer.

Motor (Lycoming IO-540-AE1A5; L-31894-48E)

A aeronave estava equipada com motor alternativo Lycoming IO-540 de seis cilindros refrigerado a ar, aspirado e sistema de injeção de combustível.

Embora o motor possa produzir 260HP em condições de pressão e temperatura ideais, a sua potência foi limitada a 245HP para uma condição transitória na descolagem e limitada a 5 minutos de operação, correspondente a 2800RPM (105% no tacómetro) e a um máximo contínuo de 205HP às 2718RPM (102%).

Flight Crew

The instructor pilot, male, 38 years old at the time of the event, Portuguese nationality, held an Airline Transport Pilot Licence (Helicopter) and a medical certificate, both valid at the time of the event.

The student pilot, female, 34 years old at the time of the event, Portuguese nationality, held a Commercial Pilot Licence (Helicopter) and a medical certificate, both valid at the time of the event.

There is no evidence of any medical condition intervening negatively in the occurrence.

The aircraft

The Robinson R44 Raven II is a small single-engine four-seat helicopter, equipped with dual controls, a two-blade teetering main rotor and a skid-type landing gear.

The helicopter was used by the operator as a private aircraft by its owners, in commercial initial pilot training activities, as well as private sightseeing and leisure flights.

Engine (Lycoming IO-540-AE1A5; L-31894-48E)

The aircraft was equipped with a Lycoming IO-540 six-cylinder, air-cooled, direct drive, horizontally opposed and fuel injected engine.

Although the engine can produce 260HP under ideal pressure and temperature conditions, its power was derated to 245HP for a transient take-off condition, limited to 5 minutes of operation at this rating, corresponding to 2800RPM (105% on the tachometer)

O motor foi instalado na aeronave em 2007 na condição novo e totalizava 2178:29 horas de serviço quando ocorreu a falha e conseqüente aterragem de emergência.

Após análise realizada à aeronave e aos seus componentes, foi necessário proceder a uma avaliação detalhada ao motor numa oficina autorizada pelo fabricante. Foi constatada a fratura da cambota com o PN Lycoming do conjunto: 13E47622, SN: V537945676. A fratura originou as duas partes, A e B conforme mostrado na figura 2 seguinte, tendo esta ocorrido no prato curto que liga o moente 4 da cambota ao moente da biela do cilindro 4.

and a maximum continuous of 205HP at 2718RPM (102%).

The engine was installed on the aircraft in 2007 since new and had a total of 2178:29 hours of service when the failure and consequent emergency landing occurred.

After analysis performed to the aircraft and its components, it was necessary to carry out a detailed engine assessment at a manufacturer authorized workshop. The Lycoming crankshaft PN: 13E47622, SN: V537945676 was found fractured. The fracture originated the two crankshaft parts, A and B, shown in figure 2 below. The fracture occurred in the short cheek that links the crankshaft main bearing journal 4 to the cylinder rod bearing journal 4.

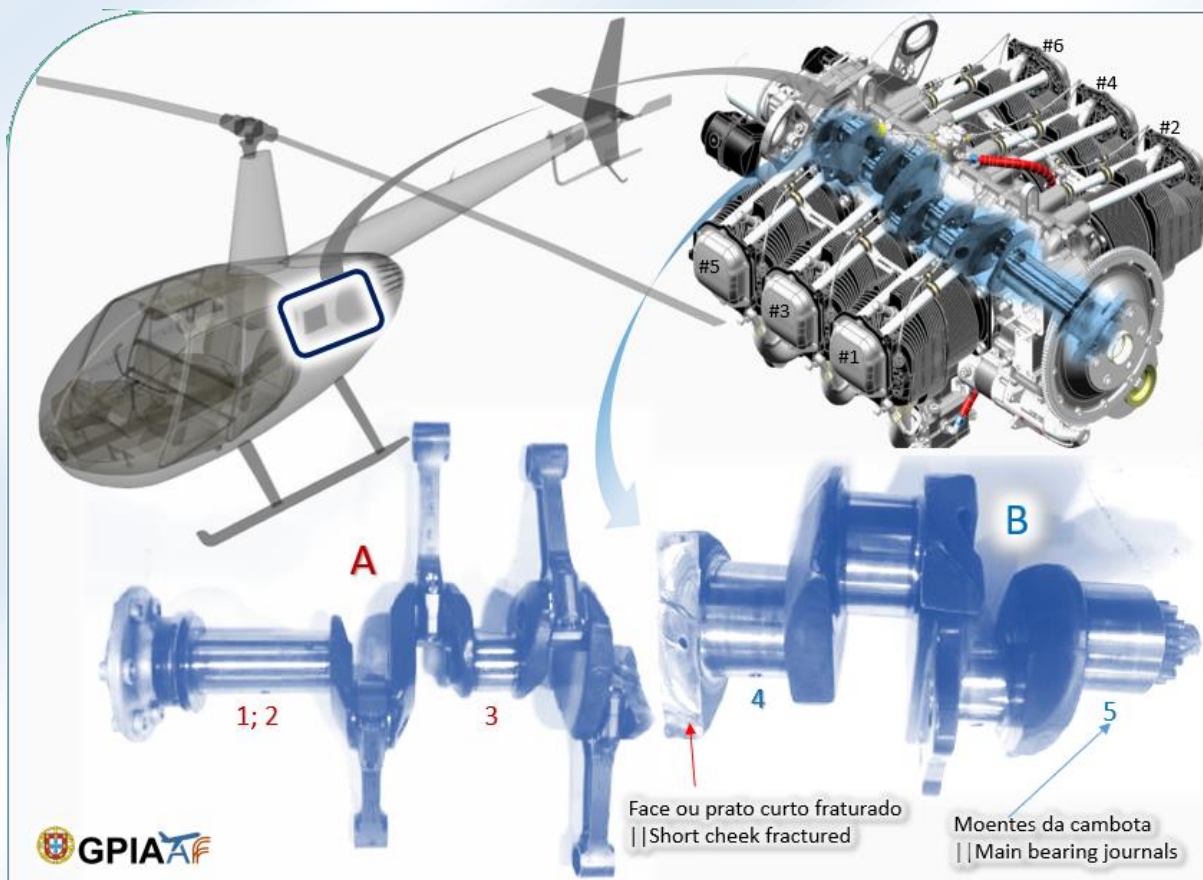


Figura 2 || **Figure 2**
 Detalhe da posição da cambota e danos || Crankshaft position detail and damages



Foi solicitada uma análise detalhada a especialistas em materiais no sentido de identificar o modo de falha do componente, tendo sido observado o seguinte:

- Fratura integral da secção transversal do prato curto junto ao apoio 4;
- A orientação da superfície de fratura percorre um plano paralelo ao eixo do moente;
- Propagação de uma superfície de fenda compatível com a ocorrência de mecanismos de ruína dependentes de ciclos de carregamento, a qual tem origem junto do apoio 4;
- As marcas na superfície de fratura junto à zona de iniciação são características de propagação por fadiga, normalmente designadas por linhas de paragem, por corresponderem a alteração cíclica dos esforços mecânicos no componente;

A detailed analysis was requested to materials specialists in order to identify the component failure mode, having observed the following:

- Full fracture of the short cheek cross section close to bearing 4;
- The surface fracture runs along a plane parallel to the main bearing journal;
- Crack propagation surface compatible with the occurrence of ruin mechanisms from stress loading cycles, originated close to bearing 4;
- The fracture surface marks close to the initiation zone exhibit fatigue propagation characteristics, commonly called beach marks, as they build due to repeated mechanical loads in the component over time;

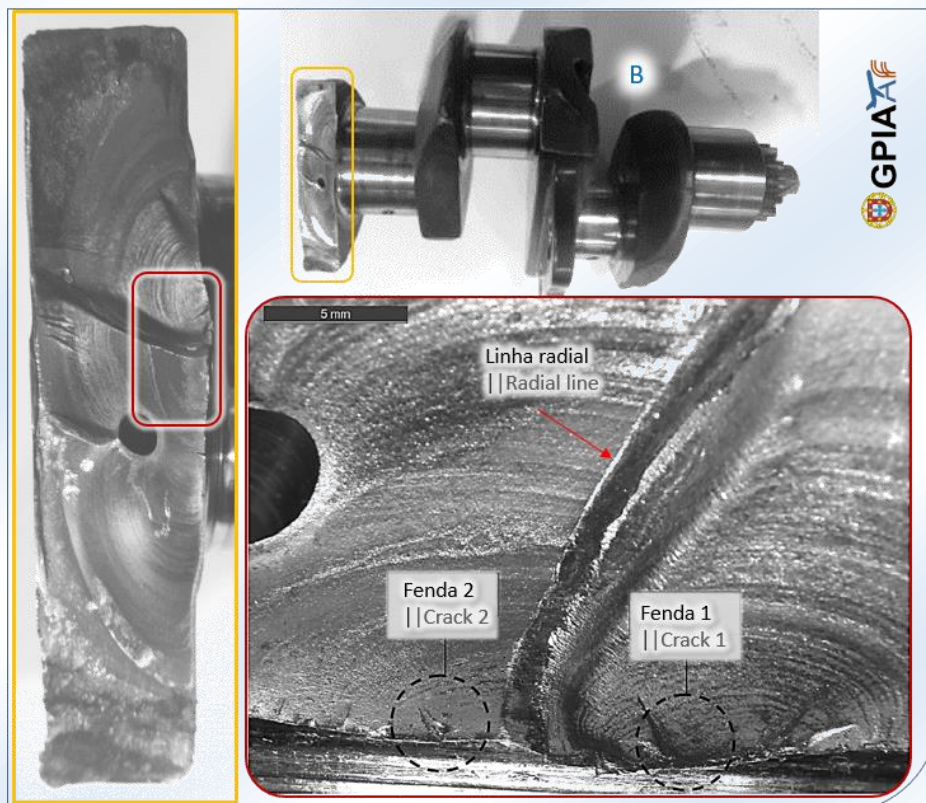


Figura 3 || **Figure 3**

Detalhe da superfície da fratura || Fracture surface detail



As observações da superfície fraturada, junto ao apoio 4, foram conclusivas relativamente à existência de linhas de paragem na superfície de fratura compatíveis com a ocorrência de um processo de fadiga do material. As linhas decorrem da deformação plástica da superfície do material na extremidade da fenda, provocada pelo efeito dos sucessivos esforços cíclicos aplicados ao componente impostas pelas condições de serviço;

A linha radial evidenciada é correspondente à intersecção de dois planos em que as duas fissuras se propagaram de modo independente, até que por propagação para o interior da peça se intersectaram para formar uma única fissura a partir da qual se verificou a propagação rápida para a fratura final.

Foi observada a presença de linhas de paragem na superfície, cobrindo cerca de dois terços da área da secção fraturada. Devido ao elevado número destas linhas de paragem, não foi possível a sua contagem;

The observations of the fractured surface, close to the bearing 4, were conclusive regarding the existence of beach marks on the fracture surface compatible with the occurrence of a material fatigue process. The beach marks result from the plastic deformation of the material surface at the crack edge, induced by successive cyclic stress applied to the part, imposed by service conditions;

The radial mark shown corresponds to the intersection of two planes in which the two cracks propagated independently, until proliferating into the part, they intersected to form a single crack, from which the rapid propagation to the final fracture occurred.

Beach marks were observed on the surface, spread to about two thirds of the fractured section area. Due to the high number of existing beach marks, it was not possible to count them;

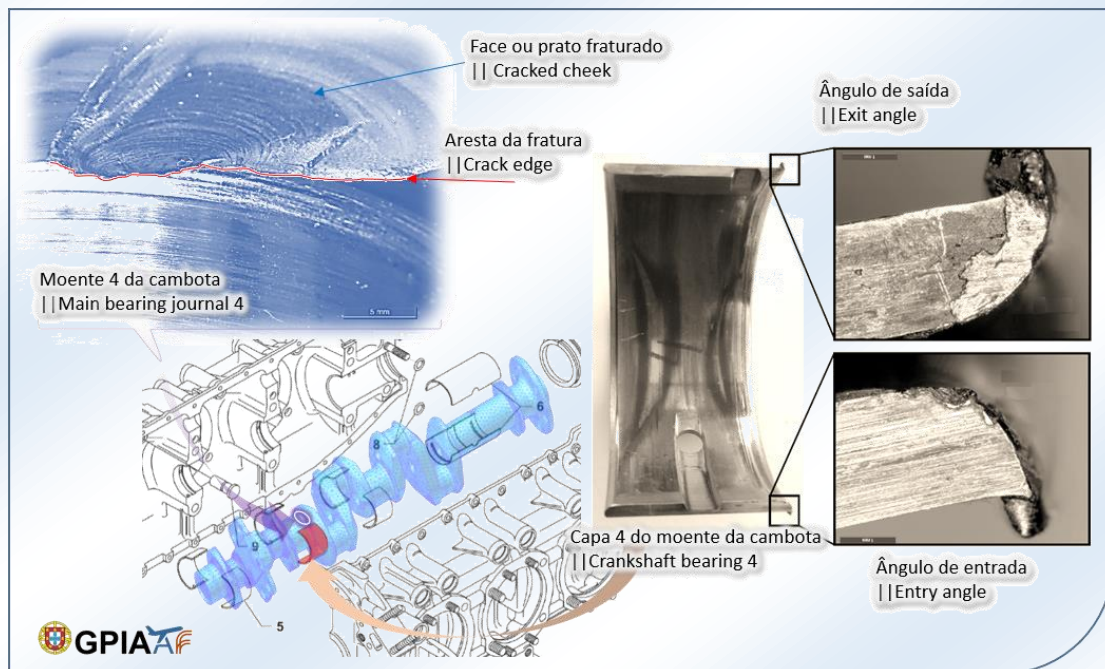


Figura 4 || Figure 4

Detalhe dos danos na capa e respetivo moente 4 || Bearing and main bearing journal 4 damage detail



Aprofundando a análise com o objetivo de determinar possíveis causas e origem da fissuração no prato curto da cambota, foram estudadas as capas dos moentes da cambota, sua geometria e desgaste. São apresentados de seguida os achados relevantes e apenas os que foram considerados contributivos para o evento.

- A capa do moente 4 apresentava fissuras devidas à geometria por existência de um entalhe. A figura mostra a deformação plástica da extremidade da capa do moente com a formação de uma “gola” devido ao movimento paralelo ao eixo que esteve sujeita durante a operação do motor;
- Esta evidência mostra que os riscos observados, na figura 3, nas zonas de propagação das fissuras, tiveram origem no movimento axial desta capa do moente contra a superfície do moente, promovendo a sua deformação plástica e os riscos de desgaste no apoio tendo vindo a originar as duas fendas por fadiga observadas;
- Adicionalmente, a capa do moente 5 não evidenciava o entalhe original e são de notar indícios de fissuração transversal devido ao movimento paralelo da capa do moente em relação ao eixo dos apoios da cambota;
- Não foi detetado qualquer indício de defeito de material ou de fabrico que tenha provocado a iniciação de fenda por fadiga.

Gestão da aeronavegabilidade

O intervalo entre as revisões gerais (TBO), denominadas de *overhaul*, é referido pelo fabricante na sua publicação Service Instruction N.1009 como sendo de 2000 horas ou 12 anos, o que ocorrer primeiro.

As revisões gerais “*overhaul*” por horas de trabalho são destinadas a mitigar eventuais desgastes ou ciclos de fadiga de material dos componentes constituintes do motor ocorridos durante a sua operação normal.

Going deeper into the material analysis in order to determine possible causes and origin of the cracking in the crankshaft short cheek, the main bearing journals, their geometry and wear were studied in detail. The relevant findings that were considered to be contributory to the event are presented below.

- The bearing 4 presented cracks due to the part geometry with a notch. The figure shows the bearing plastic deformation with the development of a “collar” due to the movement parallel to the axis that the bearing was exposed to during the engine operation;
- This evidence shows that the observed scratches in figure 3, in the crack propagation zones, originated from the axial movement of this bearing against the main bearing journal surface, promoting its own plastic deformation and the wear scratches on the bearing originating the two fatigue cracks;
- The bearing 5 wore out to until the original notch disappeared with signs of transverse cracking due to the bearing parallel movement in relation to the crankshaft bearings axis;
- No evidence of a material or manufacturing defect was detected that may have caused the fatigue crack initiation.

Airworthiness management

Time between overhauls (TBO) is referred by the manufacturer’s Service Instruction N.1009 as 2000 running hours or 12 years calendar time, whichever comes first.

Running hours TBOs are established to mitigate the engine deterioration that occurs during normal operation such as wear and high cycle fatigue of metallic components.



O termo revisão geral “overhaul” tem como significado o processo de manutenção e restauração da condição dos equipamentos ou sistemas para condições de aptidão para o serviço. Envolve a desmontagem, inspeção para detetar itens danificados, defeituosos ou gastos, a reparação ou substituição desses itens e a instalação, teste e ensaio antes do retorno ao serviço para um novo ciclo operacional previsto.

O mesmo documento, Service Instruction N.1009, indica que, caso a utilização e manutenção do motor cumpram determinados pressupostos, o motor pode ser qualificado para uma extensão de 200 horas de tempo trabalho entre as revisões gerais, além das 2000 horas inicialmente referidas.

O tempo calendário entre inspeções é baseado em testes de laboratório e dados da frota. A corrosão dos metais e degradação dos materiais não metálicos depende das condições climáticas locais, tipo e técnicas de preservação nos períodos de inatividade, condições de armazenamento e a frequência da mudança de óleo.

A extensão do potencial por calendário só pode ser realizada com a concordância da Autoridade de supervisão após verificação dos pressupostos técnicos e análise da condição de degradação do motor por forma a determinar se este mantém as condições de aeronavegabilidade.

O fabricante refere que os intervalos entre as revisões gerais “overhaul” por horas de serviço são baseados em testes de laboratório e dados da frota. No entanto, devido às variações na forma como os motores são operados e mantidos, a Lycoming não pode garantir que um determinado operador atingirá as horas de intervalos entre as revisões gerais “overhaul” declaradas para o seu motor.

Em Portugal, a validação de tais condições está prevista na CTI (Circular Técnica de Informação) 05-04, edição 1, com data de 1 de julho de 2005, da responsabilidade da Autoridade Nacional da Aviação Civil, onde é referido que a operação de um motor pode ser autorizada para além dos tempos indicados

The word “overhaul” means the process of maintaining and restoring an equipment or a system to serviceable conditions. This involves disassembly, inspection for damaged detection, defective or worn parts inspection, the repair or replacement of these items and the reassembly, testing and run-up prior to the return to service for a new full scheduled operating cycle.

The same document, Service Instruction N.1009, refers that, if the engine utilization and the maintenance performed meet certain criteria, the time between overhaul can be eligible for a 200 hours extension, in addition to the 2000 hours previously mentioned.

The calendar time between inspections is based on accelerated testing and overall fleet service data. Metals corrosion and degradation of non-metallic parts depends on local climate conditions, type of preservation performed and techniques used during inactive periods, storage conditions and the oil changes frequency.

Calendar time TBO can only be extended with civil aviation authority approval and after a technical assessment checking the applicable regulations and examining the engine degradation level to determine if the engine is kept in an airworthy condition.

The manufacturer refers that operating hour TBOs are based on accelerated testing and overall fleet service data. However, due to multiple ways that the engines are operated and maintained, Lycoming cannot give assurance that any individual operator will achieve the declared operating hour TBOs.

In the Portuguese regulatory framework, the validation of such conditions is foreseen on the technical advisory circular 05-04, 1st edition, dated July 1st, 2005, from the Civil Aviation Authority, stating that the engine may be authorized to remain



pelo fabricante se sujeito, entre outros requisitos, a:

- Continuar em serviço por um período que não exceda 10% do tempo de operação ou de calendário, o que ocorrer primeiro, se o motor for inspecionado antes da excedência do potencial recomendado, e posteriormente em intervalos de 100 horas ou anualmente, o que ocorrer primeiro;
- O motor deve ser sujeito a uma inspeção técnica especial periódica por uma entidade e pessoal autorizado, que possibilite avaliar o estado do mesmo e certificar a sua aptidão para continuidade em serviço.

O operador usou a sua Parte 145 para realizar tais inspeções de extensão de potencial conforme cronograma abaixo (figura 5), sem qualquer registo de falhas nos respetivos relatórios de inspeção.

Os registos de manutenção evidenciaram ainda duas inspeções adicionais com relevância para o evento, inspeções essas que foram realizadas sem registo de qualquer anomalia e que tinham como objetivo o cumprimento do Boletim de Serviço da Lycoming (SB480E).

A publicação SB480E refere a substituição do óleo do motor, a cada quatro meses, a substituição do respetivo filtro e a inspeção do mesmo quanto à presença de partículas metálicas e as ações corretivas associadas.

O fabricante recomenda, nesta mesma publicação, a realização sistemática de uma análise espectrométrica ao óleo, por forma a identificar tendências no desgaste do motor como parte de um programa de manutenção abrangente, de acordo com a publicação Service Letter L171.

Não foram encontrados registos da referida análise, sendo relevante referir que esta publicação não é mandatória.

in operation, beyond the manufacture TBO, with the following requirements:

- Remain in service for a period not exceeding 10% of the operating hours or calendar, whichever comes first, if the engine is inspected, before exceeding the recommended TBO, and subsequently at intervals of 100 hours or annually, whichever comes first;
- The engine must follow a special periodic technical inspection carried by authorized entity and personnel, which makes it possible to assess its condition and certify its suitability to remain in service.

The operator used its Part 145 to carry out such TBO extension inspections according to the below schedule (figure 5), without any record of failures in the related maintenance inspection reports.

The maintenance records also unveiled two additional inspections with relevance to the event, which were carried out without any recorded anomalies and aimed the Lycoming Service Bulletin (SB480E) compliance.

The publication SB480E refers to the oil servicing, every four months, the oil filter replacement and solid metallic elements identification after oil servicing and associated corrective actions.

In the same publication, as a best practice, Lycoming recommends that a spectrographic oil analysis to be conducted in an oil sample collected at each oil change, to identify trends in engine wear as part of a comprehensive maintenance program, as per Service Letter L171.

No records were found of that analysis, being important to note that this publication is not mandatory.

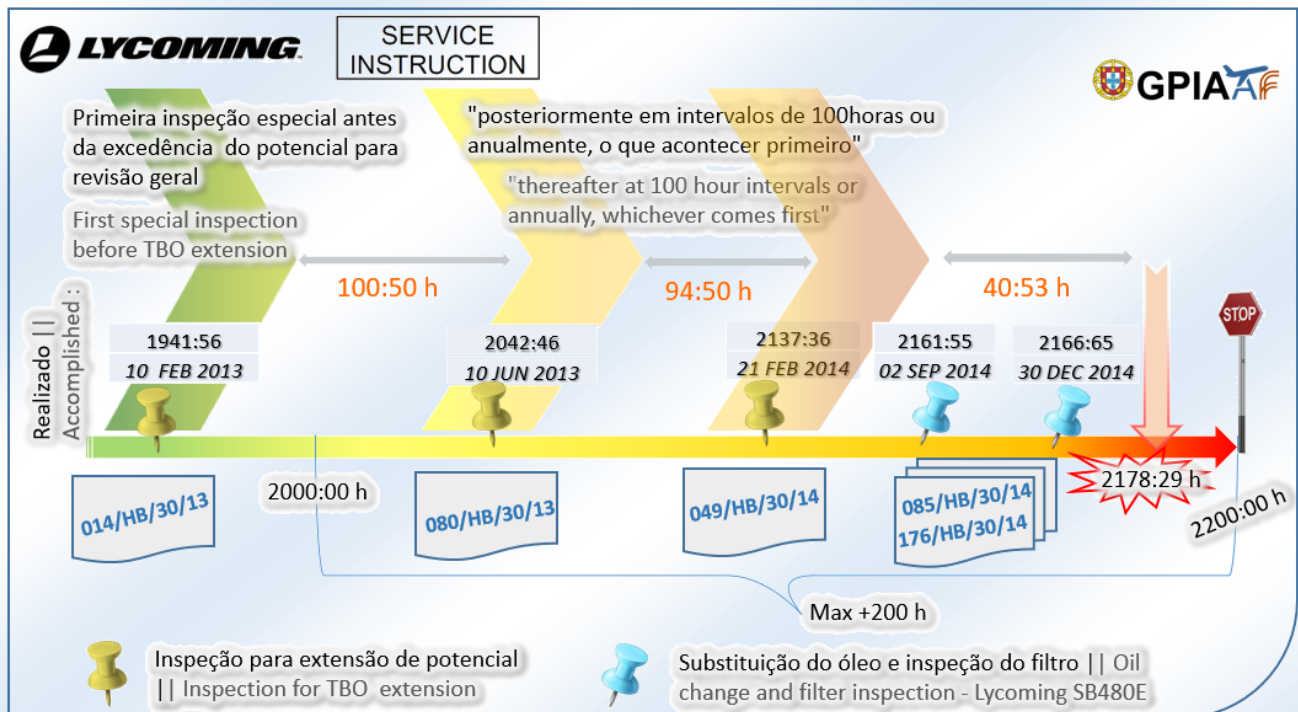


Figura 5 || Figure 5

Inspeções de manutenção realizadas || Maintenance inspections performed

Ações de manutenção e revisão geral ao motor

Para além dos diversos alertas do fabricante para a correta operação do motor dentro dos parâmetros de projeto para prevenir falhas prematuras, as ações de manutenção preventiva periódica têm como objetivo a deteção de anomalias antes da ocorrência da falha, onde se inclui a última das barreiras, a revisão geral "overhaul".

O processo de manutenção durante a revisão geral "overhaul" é dividido em três categorias: visual, estrutural e dimensional. Os dois primeiros pontos tratam dos defeitos estruturais das peças / partes, enquanto o terceiro é direcionado para o tamanho, forma e ajuste das mesmas.

As falhas estruturais podem ser determinadas por diferentes métodos, dependendo da peça / componente. Alguns dos métodos usados são a inspeção dimensional, deteção de fraturas por partículas magnéticas, líquidos penetrantes e raio-x.

Engine maintenance and Overhaul

In addition to the manufacturer's numerous alerts for the correct engine operation within the design parameters to prevent premature failures, periodic preventive maintenance activities aim to detect anomalies before the failure occurs, which includes the last of the barriers, the overhaul.

The overhaul process is divided into three categories: visual, structural and dimensional. The first two deal with the structural defects in parts while the third aims the dimensional control, shape and fit.

Structural failures can be detected using different methods depending on the part or component involved. Some of the applied methods are dimensional control inspections, magnetic particles, dye penetrant and x-ray.



No processo de revisão geral “overhaul”, as superfícies dos rolamentos (capas e moentes) são examinadas quanto a riscos, sinais de fricção e desgastes. Todas as peças de aço ferromagnético são inspecionadas através do método por partículas magnéticas. As áreas de concentração de tensões são observadas quanto a fraturas por fadiga.

Embora não tenha sido possível determinar a evolução temporal do desgaste da capa e moente 4, é provável que o processo de revisão geral tivesse detetado as anomalias observadas, se realizado após as 2000 horas de serviço previstas.

Para uma avaliação técnica sustentada e complementar sobre eventuais desgastes excessivos das partes móveis, sem proceder à desmontagem do motor, o recurso à análise espetrométrica dos depósitos sólidos presentes no óleo é considerado um método eficaz. A CTI 05-04 apenas faz referência à inspeção do filtro de óleo sem detalhes adicionais.

O fabricante recomenda, nesta mesma publicação, a realização sistemática de uma análise espetrométrica ao óleo, por forma a identificar tendências no desgaste do motor como parte de um programa de manutenção abrangente, de acordo com a publicação Service Letter No. L171.

Conforme referido na publicação Service Letter L171 da Lycoming, se uma peça estiver com desgaste excessivo, serão depositadas no óleo concentrações elevadas desse metal, sendo que esse desgaste pode aumentar com o tempo até ocorrer uma falha prematura. A análise espectroquímica do óleo permite detetar tais concentrações crescentes de metais e podem ser desencadeadas ações corretivas, como evidenciado na figura 6 abaixo para uma capa de moente fabricada em cobre.

As ações de manutenção realizadas no ano de 2014 com substituição de óleo foram oportunidades perdidas para deteção da falha por não ter sido realizada a respetiva análise ao óleo.

During the overhaul process, all bearing surfaces are examined for scoring, galling and wear. All ferromagnetic steel parts are inspected by the magnetic particle method. Areas of stress concentration must follow a detailed inspection for fatigue cracks.

Although it was not possible to determine the wear evolution of the bearing and main bearing journal 4, it is likely that the overhaul process would have detected the described anomalies, if performed at the scheduled 2000 hours of on service.

For a sustained and complementary technical assessment for possible excessive wear on moving parts, without disassembling the engine, the use of spectrographic oil analysis is considered an effective method. The technical advisory circular 05-04 only refers to the inspection of the oil filter without further details.

In the same publication, as a best practice, Lycoming recommends that spectrographic oil analysis be completed on an oil sample collected at each oil change to identify trends in engine wear as part of a comprehensive maintenance program, as per Service Letter L171.

Additionally, as mentioned in Lycoming Service Letter No L171, if a part exhibit excessive wear, a high concentration of the constituting metal will be deposited in the oil, wear that may and will increase over a period of time until a premature failure occurs. An oil spectrochemical analysis, for this metal content, will detect the increasing material concentration trend and a corrective action can be taken, as shown in figure 6 below for a copper bearing.

The maintenance actions performed in 2014 with oil servicing were missed opportunities to detect the failure as the respective oil analysis had not been carried out.

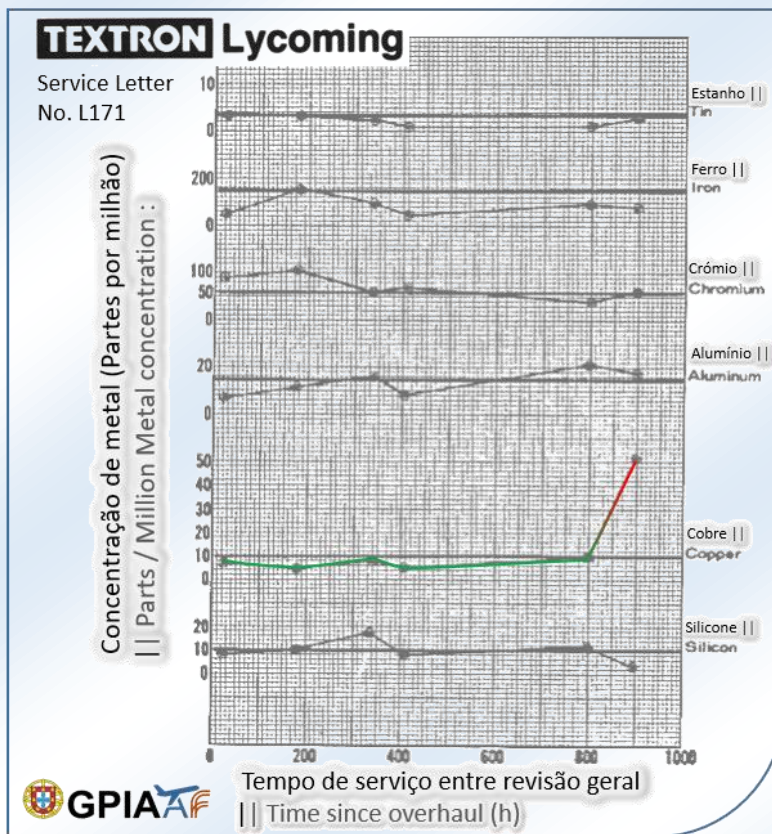


Figura 6 || Figure 6

Exemplo de uma análise espectrométrica de óleo com desgaste acentuado de uma capa de moente (Cu) às 900 horas de serviço

Typical spectrometric oil analysis example showing serious bearing wear (Cu) at 900 service hours

5 - CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

Da avaliação da condição da aeronave, dos dados recolhidos dos ocupantes e dos dados disponíveis evidenciados na condição dos componentes, a investigação aponta como causa mais provável para o evento a falha catastrófica da cambota do motor no momento de uma eventual transição de regime de potência.

Para a fratura da cambota terá contribuído:

- O processo de fadiga de material com início em duas fendas que se propagaram numa secção transversal da cambota junto à capa do moente 4, dado a existência de contacto sucessivo deste com a superfície da manivela e base do prato.

5 - CONCLUSIONS & COMMENTS

From the aircraft condition assessment, the data collected from the occupants and from the available data evidenced in the condition of the components, the investigation establishes as most probable cause for the event the engine crankshaft catastrophic failure at the time of an eventual power transition.

For the crankshaft fracture will have contributed:

- The material fatigue process started with two cracks that spread in a cross section of the crankshaft close to the bearing 4, following the successive contact with the surface of the short cheek crankshaft.



Para a fadiga de material terá contribuído:

- O tipo de utilização da aeronave e respetivas condições de serviço, originando um conjunto numeroso de linhas de paragem de fratura.
- O estado de carregamento consistindo essencialmente em esforços de tração cíclica existentes entre a ligação da capa do moente e da manivela.

As constatações e conclusões da investigação suscitam os seguintes comentários:

A falha por fadiga é definida como uma fratura ocorrida com um atraso temporal após a aplicação de cargas cíclicas. Inicia-se com uma fratura num determinado ponto do material e progride devido às tensões flutuantes, até à falha total da seção transversal remanescente do componente. O fenómeno ocorre pela repetida aplicação de tensões.

Comparando os dados da cambota disponíveis nos manuais do fabricante e a análise detalhada desenvolvida por especialistas em materiais, são concebidas evidências no sentido de, embora a condição do motor (segundo os critérios de extensão de potencial) não tenha revelado anomalias, a condição interna da cambota (aliada aos esforços inerentes ao seu uso) revelar indícios de fadiga de material não concordantes com a extensão do potencial por horas de utilização.

As zonas críticas da cambota são as áreas caracterizadas pela alteração súbita da geometria ou diâmetro, provocando naturalmente regiões de concentração de tensão no material, podendo potenciar a falha por fadiga. Estas zonas estão localizadas na transição entre os moentes da cambota, denominados de garganta dos moentes ou filetes, nos furos de lubrificação e na região dos pratos curtos próximas ao moente das bielas.

For the material fatigue will have contributed:

- The helicopter utilization and respective service conditions, originated a significant amount of beach marks.
- The applied stress loading with cyclic tension efforts existing between the bearing and the short cheek crankshaft.

The findings and conclusions from the investigation suggest the following comments:

Fatigue failure is defined as a fracture that occurs with a time delay after the application of cyclic loads. It starts with a spot fracture in the material and progresses due to fluctuating stresses, until the component total failure of the remaining cross section. The phenomenon occurs by the repeated application of stress loads.

When comparing the crankshaft technical data available by the manufacturer and the material experts detailed analysis, evidence is conceived in the sense that, although the engine condition (according to the TBO extension criteria) has not revealed any anomalies, the internal condition of the crankshaft (combined with the associated on service loads) reveal signs of material fatigue which are not consistent with the service hours TBO extension.

The crankshaft critical zones are areas characterized by a sudden change in the geometry or diameter, naturally causing material stress concentration, which may hasten the failure due to fatigue. These zones are in the transition between the main bearing journals, designated as bearing throat or fillets, in lubrication holes and in the short cheek region close to the rod big-end bearing journal.



Ocorrendo um dano em qualquer destas zonas de concentração de tensões, existe um potencial de desenvolvimento de um processo de fissuração cíclico ao serem aplicadas cargas durante a normal operação dos motores.

No caso de uma operação com eventuais excedências, o fabricante, Robinson Helicopter Company, emitiu em dezembro de 2001 um alerta de segurança (SN-37) referindo:

“se os pilotos excederem os limites de potência ou velocidade em algumas ocasiões sem falhas, estes podem ser induzidos a acreditar que podem operar com segurança nestes cenários de cargas elevadas. Não é verdade. Cada vez que as limitações são excedidas, ocorrem elevadas cargas cíclicas, podendo provocar danos adicionais de fadiga do material. Podendo, eventualmente, iniciar-se uma fissura por fadiga, aumentando a sua dimensão até ocorrer uma falha súbita. Com alguma sorte do piloto, a peça terá atingido a sua vida útil autorizada e será substituída antes da falha catastrófica. Caso contrário, provavelmente ocorrerá um incidente grave ou um acidente fatal”.

Atendendo ao tipo de operação diversificada da aeronave, entre o uso particular, o ambiente ATO e o transporte de passageiros, teria sido prudente uma adequação do programa de manutenção cumprindo escrupulosamente as indicações do fabricante. O recurso à figura da extensão de potencial, ainda que legal, demonstrou ser ineficaz na deteção atempada da falha de um dos seus componentes essenciais provocando uma aterragem de emergência sem consequências, apenas pelo local onde esta ocorreu.

6 - AÇÕES DE SEGURANÇA E RECOMENDAÇÕES

De acordo com o Regulamento (EU) n.º 996/2010 e com o Decreto-Lei n.º 318/99, a formulação de uma recomendação de segurança não constitui, **em caso algum, presunção de culpa ou de responsabilidade relativamente a um acidente ou incidente.** O mesmo se passa relativamente às ações de segurança que os intervenientes tomem a iniciativa de

If damage occurs in any of those stress concentration areas, latent conditions are set for the development of a cyclic cracking process when loads are applied during normal engine operation.

In the event of exceedances in the operation, the manufacturer, Robinson Helicopter Company, issued in December 2001 a safety notice (SN-37) stating:

“If a pilot exceeds the power or airspeed limits on a few occasions without failure, he may be misled into believing he can safely operate at those high loads. Not true. Every second the limitations are exceeded, more stress cycles occur and additional fatigue damage can accumulate within the metal. Eventually, a fatigue crack will begin and grow until a sudden failure occurs. If the pilot is lucky, the part will have reached its approved service life and be replaced before failure. If not, there will likely be a serious or fatal accident”.

Considering the diversified helicopter operation, ranging from private usage, the ATO environment and passenger transport, it would have been prudent to adopt a maintenance program strictly in compliance with the manufacturer's instructions. The use of the TBO extension, although legal, proved to be ineffective in the timely failure detection of one of its essential components, causing an emergency landing without consequences, only because of the place where it occurred.

6 - SAFETY ACTIONS & RECOMMENDATIONS

In accordance with EU Regulation 996/2010 and Portuguese Decree-Law 318/99, a safety recommendation **shall, in no case, create a presumption of blame or liability for an accident or an incident.** Similarly, the same principle should be considered regarding safety actions initiated or



implementar em resultado das constatações feitas no decurso da investigação.

O destinatário de uma recomendação de segurança deve, no prazo de 90 dias, informar a Autoridade de Investigação, GPIAAF, das ações tomadas ou em consideração.

Tendo em conta as constatações e conclusões da investigação realizada, atendendo ao enquadramento legal e técnico relativo à extensão dos intervalos entre revisão geral dos motores, o GPIAAF entende emitir a seguinte recomendação de segurança:

undertaken by the involved parties as a result of the findings during the investigation.

The addressee of a safety recommendation shall, within 90 days, inform the safety investigation authority, GPIAAF, of the actions taken or under consideration.

Considering the investigation findings and conclusions, given the existing regulatory and technical framework regarding an engine TBO extension, the GPIAAF issued the following safety recommendation:

À HELIBRAVO:

Recomendação de Segurança N.º PT.SIA 2021/03

O operador Helibravo deve trabalhar com a sua organização de gestão de aeronavegabilidade continuada revendo as condições de elegibilidade para extensão do potencial de motores envolvidos em operações comerciais, suportando o respetivo processo de decisão em dados técnicos de validação da condição dos motores, por exemplo, mas não limitado a, à análise espetrométrica do óleo durante a vida útil do motor, conforme recomendado pelo fabricante.

To HELIBRAVO:

Safety recommendation N.ºPT.SIA 2021/03

The operator Helibravo must work with its continuing airworthiness management organization reviewing the eligibility conditions for the TBO extension of engines involved in commercial operations, supporting the decision process in technical data for validating the engines condition, for example, but not limited to, a spectrometric oil analysis during the engine service life, as recommended by the manufacturer.

As organizações de gestão da aeronavegabilidade permanente, Parte M, devem desenvolver as ações necessárias para efetuar uma avaliação e implementação eficaz dos respetivos programas de manutenção tendo sempre em consideração a realidade de operação das aeronaves.

A adesão a programas de monitorização e tendência da condição das aeronaves e seus componentes suportado em dados técnicos relevantes, para o caso, mas não limitado a uma análise espetrométrica periódica ao óleo, teria sido uma mais valia na deteção atempada da falha. Será pertinente também considerar o recurso a outros sistemas de registo disponíveis pela introdução de tecnologia acessível como parâmetros de excedências e de

Aircraft continuing airworthiness management, Part M organizations, are stressed to develop the necessary actions to carry out an effective evaluation and implementation of the respective maintenance programs always considering the real aircraft operation conditions.

Adherence to aircraft and components condition monitoring and trend programs supported by relevant technical data, on this case, but not limited to a periodic oil spectrometric analysis, would have been an important resource in the timely detection of the failure. It will also be pertinent to consider the use of other available systems, introducing easily accessible technology such recording engine parameters exceedance (as example %RPM, vibrations, MAP, EGT, CHG, etc.).



motor (por exemplo %RPM, vibrações, MAP, EGT, CHG, etc.).

Alerta-se ainda toda a restante comunidade aeronáutica para a qual sejam relevantes as constatações e conclusões da presente investigação, no sentido de, no âmbito das respetivas responsabilidades, tomarem as ações adequadas com vista a minimizar a possibilidade de causas similares resultarem em acidentes ou incidentes.

A investigação de segurança é um processo técnico conduzido com o único propósito da prevenção de acidentes o qual inclui a recolha e análise da informação, a determinação das causas e, quando apropriado, a formulação de recomendações de segurança.

Em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 996/2010 do Parlamento Europeu e do Conselho, e com o Decreto-lei n.º 318/99, a investigação e o relatório correspondente não têm por objetivo o apuramento de culpas ou a determinação de responsabilidades.

Nos termos da legislação aplicável, o GPIAAF remeteu, para obtenção de comentários, uma versão preliminar do relatório final às entidades envolvidas.

Este relatório foi preparado, somente, para efeitos de prevenção de acidentes. O seu uso para outro fim pode conduzir a conclusões erradas.

GPIAAF stresses the aeronautical community to which this investigation findings and conclusions may be relevant for the importance of, within their own responsibilities, to take whatever necessary actions to minimize the opportunity for similar causes to result in accidents or incidents.

Safety investigation is a technical process conducted only for the purpose of accident prevention, comprising the gathering and analysis of evidence, in order to determine the causes and, if appropriate, to issue safety recommendations

In accordance with EU Regulation No. 996/2010 from the European Parliament and Council, and Decree-Law No. 318/99, it is not the purpose of any safety investigation and associated investigation report to apportion blame or liability.

According to the applicable legislation, GPIAAF has sent a draft version of the final report seeking comments from the involved parties.

The only aim of this report is to disseminate lessons which may help to prevent future accidents. Its use for other purposes may lead to incorrect conclusions.

Lisboa, 31 de maio de 2021

Lisbon, May 31st, 2021