

AVIAÇÃO CIVIL

Praia de São João da Caparica - PORTUGAL

02 de agosto de 2017, 15:51 UTC

Paragem do motor em voo e subsequente perda do
controlo em voo.

CIVIL AVIATION

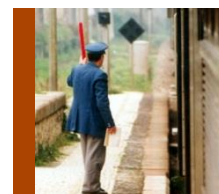
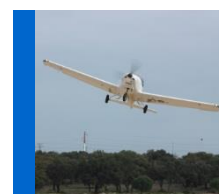
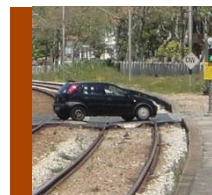
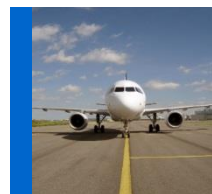
Praia de São João da Caparica - PORTUGAL

2017, August 02nd, 15:51 UTC

Inflight engine shutdown followed by loss of control
inflight

CESSNA C-152

EAA - ESCOLA DE AVIAÇÃO AEROCONDOR / CS-AVA



RELATÓRIO FINAL DE INVESTIGAÇÃO DE SEGURANÇA DE ACIDENTE

ACCIDENT SAFETY INVESTIGATION FINAL REPORT

[04/ACCID/2017]

Publicação || Published by:

GPIAAF – Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves e de Acidentes Ferroviários

Endereço || Postal Address:

Praça Duque de Saldanha, 31 – 4.º
1050-094 Lisboa
Portugal

Telefones || Telephones:

Geral || General: (+ 351) 21 273 92 30

Notificação de acidentes/incidentes || Accident/incident notification (24/7):
(+ 351) 915 192 963 / (+351) 212 739 255

Fax: + 351 21 791 19 59

E-mail: geral@gpiaaf.gov.pt

Internet: www.gpiaaf.gov.pt

No interesse de aumentar o valor da informação contida nesta publicação, com a exceção de fins comerciais, é permitido imprimir, reproduzir e distribuir este material, mencionando o GPIAAF – Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves e de Acidentes Ferroviários como a fonte, o título, o ano de edição e a referência “Lisboa - Portugal”, e desde que a sua utilização seja feita com exatidão e dentro do contexto original.

No entanto, direitos de autor sobre o material obtido a partir de outras agências, indivíduos ou organizações privadas, pertencem às entidades originárias. Onde for pretendido usar esse material o interessado deverá contactá-las diretamente.

In the interest of enhancing the value of the information contained in this publication, and with the exception of commercial uses, you may print, reproduce and distribute this material acknowledging the GPIAAF – Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves e de Acidentes Ferroviários as the source, along with the publication title, date and the reference “Lisbon – Portugal”, and provided that its use is made with accuracy and within the original context.

However, copyright in the material obtained from other agencies, private individuals or organizations, belongs them. Where you want to use their material you will need to contact them directly.

Nota: fotografia na capa por Paulo Santos || **Note:** cover photo by Paulo Santos.

Controlo documental || Document control

Informações sobre a publicação original Original publication details	
Título Title	SCF-PP /LOC-I Paragem do motor em voo e subsequente perda do controlo em voo Inflight engine shutdown followed by loss of control inflight
Tipo de Documento Document title	Relatório de investigação de segurança Safety Investigation Report
N.º do Documento Document ID	AC_04/ACCID/2017_RF
Data de publicação Publication date	2018-12-12

Registo de alterações no caso de o Relatório ter sido alterado após a sua publicação original Track of changes if the report has been altered following its original publication		
N.º da vers. Rev. ID	Data Date	Resumo das alterações Summary of changes

PREFÁCIO || FOREWORD

O Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves e de Acidentes Ferroviários (GPIAAF) é o organismo do Estado Português que tem por missão, entre outras, investigar os acidentes, incidentes e outras ocorrências relacionadas com a segurança da aviação civil e dos transportes ferroviários, visando a identificação das respetivas causas, bem como elaborar e divulgar os correspondentes relatórios.

No exercício das suas atribuições, o GPIAAF funciona de modo inteiramente independente das autoridades responsáveis pela segurança, de qualquer entidade reguladora da aviação civil e do transporte ferroviário e de qualquer outra parte cujos interesses possam colidir com as tarefas que estão confiadas ao Gabinete.

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 Anexo 13 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional, Chicago 1944, com o Regulamento (UE) n.º 996/2010 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20/10/2010, e com o n.º 3 do art.º 11º do Decreto-lei n.º 318/99, de 11 de Agosto, a investigação e o relatório correspondente não têm por objetivo o apuramento de culpas ou a determinação de responsabilidades.

Nos termos do n.º 4 do art.º 16.º do Regulamento (UE) n.º 996/2010, e em conformidade com as secções 6.3 e 6.4 do Anexo 13 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional, o GPIAAF remeteu, para obtenção de comentários, uma versão preliminar do relatório final às seguintes entidades:

- Operador
- NAV
- ANAC
- EASA
- NTSB para a FAA.

The Office for the Prevention and Investigation of Accidents in Civil Aviation and Rail (GPIAAF) is the Portuguese State body with the mission of investigating accidents, incidents and other occurrences related to the safety of civil aviation and rail transportation, in order to identify their respective causes, as well as to produce and disseminate the corresponding reports.

In the exercise of its functions, GPIAAF is fully independent from any authority responsible for safety and the regulation of civil aviation and rail transportation, as well as of any other party whose interests may conflict with the tasks assigned to this Office.

Safety investigation is a technical process aiming to accident prevention and comprises the gathering and analysis of evidences, in order to determine the causes and, when appropriate, to issue safety recommendations.

In accordance with Annex 13 to the International Civil Aviation Organisation Convention (Chicago 1944), EU Regulation No. 996/2010 from the European Parliament and Council (20th OCT 2010) and article 11, No. 3 of Decree-Law nr. 318/99 (11th AUG 1999), it is not the purpose of any safety investigation process and associated investigation report to apportion blame or liability.

According to section 16.4 of Regulation (EU) 996/2010 and to sections 6.3 and 6.4 of Annex 13 to the Convention on International Civil Aviation, GPIAAF has sent a draft version of the final report seeking comments from the following entities:

- Operator
- NAV
- ANAC
- EASA
- NTSB to FAA.

Foram recebidos comentários do Operador, da EASA e da ANAC, os quais foram devidamente analisados e, quando aceites, integrados no texto do presente relatório final.

NOTA IMPORTANTE:

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

Notas para o Leitor:

Neste relatório, a representação das unidades e números é feita, normalmente, em conformidade com o Sistema Internacional de Unidades (SI), com o disposto nas normas da série ISO/IEC 80000 e com a norma portuguesa NP 9:1960. Excetua-se os casos em que outra unidade seja correntemente utilizada no meio aeronáutico.

Sempre que relevante, as abreviaturas, acrónimos e termos técnicos são explicados no glossário.

Este relatório é publicado em duas línguas, Português e Inglês. Em caso de discrepâncias entre as duas versões, o texto em Português tem prevalência.

GPAAAF received comments from the Operator, EASA and ANAC, which were duly analysed and, if accepted, integrated into the text of this final report.

IMPORTANT NOTE:

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

Notes to the Reader:

In this report Units and numbers are normally represented accordingly to the International System of Units (SI), to the criteria in the ISO/IEC 80000 series standards and to Portuguese norm NP 9:1960. However, where a different unit is commonly used in the aeronautical sector, this will be preferably indicated.

When relevant, abbreviations, acronyms and technical terms are explained in the glossary.

This report is published in two languages, Portuguese and English. In the event of any discrepancy between these versions, the Portuguese text shall prevail.

ÍNDICE || INDEX

Prefácio Foreword	3
Índice Index	5
Sinopse Synopsis.....	7
Glossário Glossary	9
1. INFORMAÇÃO FACTUAL FACTUAL INFORMATION.....	13
1.1. História do voo History of the flight	13
1.2. Lesões Injuries to persons	19
1.3. Danos na aeronave Damage to aircraft.....	20
1.4. Outros danos Other damage	21
1.5. Pessoas envolvidas Personnel information	21
1.5.1. Tripulação técnica de voo Flight crew	21
1.5.1.1. Qualificações do instrutor Instructor ratings	22
1.5.1.2. Qualificações do aluno piloto Student pilot ratings	23
1.6. Informação sobre a aeronave Aircraft information	23
1.6.1. Generalidades General	23
1.6.2. Características gerais da aeronave Aircraft generic characteristics.....	25
1.6.3. Motor Engine	25
1.6.4. Sistema de combustível Fuel system.....	26
1.6.4.1. Sistema de ajuda ao arranque Primer system.....	27
1.6.5. Sistema do carburador Carburettor system	27
1.6.6. Sistema de ignição Ignition system	29
1.6.7. Sistema de admissão de ar Air induction system.....	29
1.6.8. Razão de Planeio Cessna 152 Glide ratio Cessna 152	30
1.6.9. Gelo no carburador Carburettor icing	31
1.6.10. Massa e centragem Mass and balance.....	32
1.6.11. Navegabilidade e manutenção Airworthiness and maintenance	32
1.7. Informação meteorológica Meteorological Information	33
1.8. Auxílios à navegação Aids to navigation.....	33
1.9. Comunicações Communications	34
1.10. Informação do aeródromo Aerodrome information.....	34
1.11. Gravadores de voo Flight recorders	34
1.12. Destroços e informação sobre os impactos Wreckage and impact information.....	34
1.13. Informação médica e patológica Medical and pathological information.....	34

1.14.	Fogo Fire	35
1.15.	Aspetos de sobrevivência Survival aspects.....	35
1.16.	Ensaio e pesquisas Tests and research	36
1.16.1.	Ensaio ao motor Engine tests	36
1.16.2.	Ensaio ao Combustível Fuel analysis and tests.....	37
1.16.3.	Ensaio e pesquisa ao carburador Carburettor analysis and research.....	37
1.16.4.	Voos de recolha de dados Flight data gathering.....	39
1.17.	Informação sobre organização e gestão Organizational and management information	40
1.18.	Informação adicional Additional information.....	42
1.19.	Técnicas de investigação úteis ou eficazes Useful or effective investigation techniques	42
2.	ANÁLISE ANALYSIS	43
2.1.	Generalidades General	43
2.2.	Operações de voo Flight operations	43
2.2.1.	Procedimentos operacionais Operational procedures.....	43
2.2.2.	“Voar, navegar, comunicar” “Aviate, navigate, communicate”	44
2.2.3.	Voo sobre a água Over water flights	45
2.2.4.	Qualificações do instrutor Instructor qualifications.....	47
2.3.	Sistemas da aeronave Aircraft systems.....	47
2.3.1.	Carburador Carburettor.....	47
2.3.2.	Melhor razão de planeio Best glide speed and distance	51
2.4.	Uso de Listas de verificação Checklist usage	52
2.5.	Fatores humanos Human factors	53
2.6.	Considerações da análise Analysis considerations.....	55
3.	CONCLUSÕES CONCLUSIONS	57
3.1.	Constatações da investigação Findings	57
3.2.	Causas/fatores contributivos Causes/contributing factors	58
3.2.1.	Causas prováveis Probable causes	58
3.2.2.	Fatores contributivos Contributing factors.....	58
4.	RECOMENDAÇÕES RECOMMENDATIONS.....	59
5.	APÊNDICES APPENDICES	67
5.1.	idMEC - IST - Análise detalhada do mecanismo da boia do carburador Detailed analysis of carburettor float mechanism - idMEC IST	67

SINOPSE || SYNOPSIS

PROCESSO GPIAAF GPIAAF PROCESS ID 04/ACCID/2017		Classificação Classification	
		Acidente Accident	
		Tipo de evento Type of event	
		SCF-PP /LOC-I – Paragem de motor, seguido de perda de controlo em voo Engine In-Flight shutdown followed by loss of control inflight.	
OCORRÊNCIA OCCURRENCE			
Data Date	Hora Time	Local Location	Coordenadas Coordinates
2017-08-02	15:51 UTC	Praia de São João – Caparica – Portugal	38°39'26,20"N 09°15'12,91"W
AERONAVE AIRCRAFT			
Aeronave Aircraft		N.º de série Serial Nr.	Matrícula Registration
Cessna 152		152-83295	CS-AVA
Categoria Category			Operador Operator
Avião asa fixa Fixed wing airplane			EAA
VOO FLIGHT			
Origem Origin		Destino Destination	
LPCS – Cascais - Portugal		LPEV – Évora - Portugal	
Tipo de voo Type of flight		Tripulação Crew	Passageiros Passengers
Instrução de voo IFR IFR instructional flight		02	00
Fase do voo Phase of flight		Condições de luminosidade Lighting conditions	
Em rota En-route		Diurno Daylight	
CONSEQUÊNCIAS CONSEQUENCES			
Lesões Injuries	Tripulação Crew	Passageiros Passengers	Outros Other
Fatais Fatal	0	0	2
Graves Serious	0	0	0
Ligeiras Minor	0	0	2
Nenhuma None	2	0	N/A
Total	2	0	4
Danos na aeronave Aircraft damage		Outros danos Other damage	
Substanciais Substantial		Nenhuns None	

A 02 AGO 2017, às 15:51 UTC, na praia de São João da Caparica, Lisboa, Portugal, um Cessna 152 ficou substancialmente danificado durante uma tentativa de aterragem forçada após uma paragem do motor em voo. A aeronave, de propriedade do Aeroclube de Torres Vedras, estava a ser operada pela ATO, EAA - Escola de Aviação Aerocondor.

O aluno piloto com o seu instrutor efetuavam um voo de treino de navegação por instrumentos (IFR) com etapa prevista de LPCS (Cascais) para LPEV (Évora), com regresso a LPCS.

On 2017 AUG 02, at 15:51 UTC in São João da Caparica beach, Lisbon Portugal, a Cessna C152 was substantially damaged when attempting a forced landing following an engine inflight shutdown. The airplane, owned by Aeroclube de Torres Vedras, was being operated by the ATO, EAA - Escola de Aviação Aerocondor.

The student pilot and instructor were undergoing an IFR instruments flight training with an intended journey from LPCS (Cascais) to LPEV (Évora) and return to LPCS.

Após a decolagem, e devido a vento forte 350/25, a aeronave atingiu rapidamente a altitude cruzeiro inicial prevista de 1000 pés. Devido ao ambiente turbulento, a aeronave sofreu variações significativas de altitude, atingindo mais de 1200 pés.

A certo momento, o avião sofreu uma ascendente violenta atingindo 1250 pés, quando o motor, sem qualquer sinal de aviso, teve uma falha total de potência. O piloto instrutor tentou, por várias vezes, colocar o motor em funcionamento enquanto o aluno piloto (PF) assumiu os controlos de voo prosseguindo em frente, em voo planado. Na fase final do voo, o piloto instrutor (PIC) assumiu o controlo da aeronave como piloto a voar (PF).

Durante a aterragem forçada na praia, a aeronave tocou com violência no solo, continuou a rolar pela areia e bateu contra a borda de uma vala provocada por uma corrente de retorno¹, provocando danos substanciais em alguns componentes. Apesar disso, a aeronave continuou a rolagem na areia, atingindo em sequência dois banhistas, causando-lhes lesões fatais. Duas mulheres, que estavam a passear na praia, sofreram ferimentos leves quando se afastavam da trajetória da aeronave. O instrutor e o aluno piloto saíram ilesos do acidente.

After takeoff, due to strong wind 350/25, the aircraft quickly reached the initial requested cruise altitude of 1000ft. Due to the turbulent environment, the aircraft experienced significant altitude changes, reaching more than 1200ft.

At a given time, the airplane suffered a violent up draft and climbed to 1250 ft. At this moment, the engine, without warning, had a total power loss. The instructor pilot tried, for several times, to start the engine and the student pilot (PF) glided the airplane straight ahead. During the final gliding profile, the instructor pilot (PIC) took over the airplane control as a pilot flying (PF).

During the forced landing on the beach, the aircraft touched hard on ground, continued rolling in the sand and hit against a rip current¹ border, sustaining substantial damage to some components. The aircraft continued rolling, hitting two people and causing fatal injuries in both. Two women, who were walking on the beach, suffered minor injuries while trying to protect themselves from the landing aircraft. The instructor and the student pilot did not sustain any injuries.

Notificação | | Notification

O GPIAAF foi notificado pouco depois do acidente pelo CDOS.

The GPIAAF was notified shortly after the accident by the CDOS.

Decisão de investigar e âmbito | | Decision to investigate and scope

O facto primário que caracteriza a ocorrência como um acidente com aeronave e suscitou a investigação de segurança em conformidade com o n.º 1 do art.º 5.º do Regulamento (UE) n.º 996/2010, é a aeronave, na aterragem forçada, ter sofrido danos que afetaram negativamente as suas características de resistência estrutural e que exigiram uma reparação considerável ou a substituição do componente afetado.

The primary fact that characterized the occurrence as an accident with an aircraft and prompted the safety investigation in accordance with section 5.1 of Regulation (EU) 996/2010 is the aircraft, in the forced landing, having sustained damage which adversely affected its structural strength, and required major repair or replacement of the affected component.

¹ Correntes de retorno ou agueiros podem ser definidos como o refluxo do volume de água que retorna da praia para o mar. | | Return currents can be defined as the backflow of the volume of water that returns from the beach back to the sea.

Tipo de ocorrência || Occurrence type

SCF-PP / LOC-I: Paragem do motor em voo e subsequente perda do controlo em voo.

SCF-PP / LOC-I: Inflight engine shutdown followed by loss of control inflight.

Página deixada em branco propositadamente

Page intentionally left blank

GLOSSÁRIO || GLOSSARY

AGL	Acima do nível do terreno Above ground level
AIS	Serviço de Informação Aeronáutica Aeronautical Information Service
AME	Examinadores Médicos de Aviação Aviation Medical Examiners
ANAC	Autoridade Nacional de Aviação Civil Portuguesa Portuguese Civil Aviation Authority
ATC	Controle de tráfego aéreo Air traffic control
ATO	Organização aprovada para treino Approved training organization
ATPL (A)	Licença de piloto de transporte aéreo avião Air transportation pilot license airplane
AVGAS	Gasolina de aviação Aviation gasoline
CDOS	Comando Distrital Operações de Socorro District Command Rescue Operations
EAA	Escola de Aviação Aerocondor Aerocondor Aviation School
EASA	Agência Europeia de Segurança na Aviação European Aviation Safety Agency
ECCAIRS	Centro de coordenação Europeu do Sistema de Reportes de Acidentes e Incidentes European Co-ordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems)
ESOP	Procedimentos de operação padrão estendido Extended standard operating procedures
FAA	Administração Federal de Aviação (EUA) Federal Aviation Administration (US)
FEW	Palavra que representa no METAR 1 a 2 oitavos de cobertura Word means in METAR 1 or 2 octas of the ceiling
HFACS	Sistema de Análise e Classificação dos Fatores Humanos Human Factors Analysis and Classification System
IFR	Regras de voo por instrumentos Instruments flight rules
IIC	Investigador responsável Investigator in charge
IFSD	Paragem do motor em voo In-flight shutdown
IP	Piloto instrutor Instructor pilot
IPMA	Instituto Português do Mar e Atmosfera Portuguese Institute of the Sea and Atmosphere
LH	Lado esquerdo Left hand
LOC-I	Perda de controlo em voo Loss of Control Inflight
LPCS	Aeroporto de Cascais Cascais airport
LPEV	Aeroporto de Évora Évora airport
LPMT	Base Aérea de Montijo Montijo Air Force Base
LIS APP	Controle de aproximação Lisboa Lisbon approach control
LL	Baixo teor de chumbo Low lead
LAPL	Licença de Piloto de Aeronaves Ligeiras Light Aircraft Pilot Licence
METAR	Relatório Meteorológico do Terminal de Aéreo Meteorological Terminal Air Report
MSL	Nível médio do mar Mean Sea Level

NAV	Navegação Aérea de Portugal Portuguese Air Navigation
NTSB	Agência Nacional de Segurança no Transporte (EUA) National Transportation Safety Board (US)
POH	Manual de Operações do Piloto Pilot Operation Handbook
RH	Lado direito Right hand
PIC	Piloto em comando Pilot in comand
PPL(A)	Licença de piloto privado de aviões Private pilot licence of airplanes
QFE	Pressão atmosférica na elevação do aeródromo Atmospheric pressure at aerodrome elevation
QNH	Pressão atmosférica ajustada ao nível do mar Atmospheric pressure adjusted to sea level
SCF-PP	Código ECCAIRS de falha do grupo motopropulsor ECCAIRS code to powerplant failure
PF	Piloto a voar Pilot flying
VHF	Frequência muito alta Very high frequency
VFR	Regras de voo visual Visual flight rules
WS	Vento de Cisalhamento Wind shear
US	Estados Unidos da América United States of America

Tabela de conversão de unidades || Unit Conversion Table

1 NM	1,852 m
1 Ft	0,3048 m
1 Kt	1,852 km/h (0,514 m/s)
1 Fps	0,304 m/s
1 G	9,8 m/s ²
1 Lb	0,4536 kg
1 in	2,54 cm
1 inHg	3,386 Pa = 345,3 kgf/m ²
1 Psi	0,07031 kgf/cm ² (1 ksi=1000 psi)

1. INFORMAÇÃO FACTUAL || FACTUAL INFORMATION

1.1. História do voo || History of the flight

Um aluno piloto com o instrutor planearam efetuar um voo de treino num Cessna 152, com registo CS-AVA, cumprindo a lição n.º 39 numa missão de navegação IFR, constante no manual de formação da escola. Este treino faz parte do curso integrado da ATO EAA (à data GAir) para o aluno piloto obter a licença ATPL e tinha a duração prevista de 03:15h. Para este voo, o aluno piloto era o piloto a voar (PF), sentado à esquerda, e o piloto instrutor era o piloto em comando (PIC), sentado à direita.

O plano de voo foi submetido pelo aluno piloto na aplicação informática do Sistema de *Briefing* da NAV - AIS/FPL² às 13:59:44. O voo iniciou-se no aeródromo de Cascais LPCS, iria sobrevoar o aeródromo de Évora (LPEV), com a intenção de realizar um exercício de instrução de navegação por instrumentos e regressar a LPCS. Estava ainda planeado o treino de uma aproximação ILS à base do Montijo (LPMT) no regresso a LPCS.

Segundo o piloto instrutor, os tanques de combustível foram abastecidos até ao valor estimado de 100lts de Avgas 100LL. Durante a investigação, o GPIAAF verificou o certificado de entrega do fornecedor de combustível de aviação (Air BP) n.º 29416, referindo que a quantidade entregue para completar os 100lts estimados no avião foi de 50lts.

O aluno piloto confirmou que realizou uma inspeção de pré-voo de acordo com a revisão de procedimentos operacionais padrão de 6 JUL 2017, página 18 da ATO EAA, onde é determinado:

- “A inspeção pré-voo deve ser realizada de acordo com uma lista de verificação impressa fornecida pelo fabricante do avião para a marca e modelo específico”.

O aluno piloto declarou não ter drenado os

A student pilot with his instructor planned to take a training flight on a Cessna 152, registration marks CS-AVA, completing lesson # 39 on an IFR navigation training contained in the school's training manual. This training is part of the EAA (GAir brand at the date) ATO integrated course for the student pilot to obtain an ATPL license and had the expected duration of 3:15h. For this flight the student pilot was the pilot flying (PF), sitting on the left hand seat, and the instructor pilot was the pilot in command (PIC) sitting on the right hand seat.

The flight plan was filled by the student pilot via Web application, NAV/AIS - FPL and Briefing System² at 13:59:44. The flight started in Cascais airfield LPCS, aiming to fly overhead Évora airfield (LPEV), carrying out an instructional instrument navigation exercise, and fly back to LPCS. During the return to LPCS, it was planned an ILS approach training at Montijo air base (LPMT).

The instructor pilot stated that the fuel tanks were filled until the estimated value of 100lts of Avgas 100LL. During the investigation, the GPIAAF checked a delivery certificate from Air BP supplier of aviation fuel no. 29416, informing that the quantity delivered to complete the estimated 100lts in the airplane was 50lts.

The student pilot confirmed that he had made a pre-flight inspection in accordance with the extended standard operating procedures revision dated 2017 JUL 06, page 18 from ATO EAA, where it is determined:

- “The pre-flight inspection should be performed in accordance with a printed checklist provided by the airplane manufacturer for the specific make and model airplane”.

He did not perform the fuel tanks and strainer

² O FPL (plano de voo) e Briefing dos Serviços AIS da NAV Portugal fornecem uma ferramenta *online* para preparar o plano de voo. || The FPL (flight plan) and Briefing of the AIS Services of NAV Portugal provide an online tool to prepare the flight plan.

tanques e o filtro de combustível para procurar contaminantes, de acordo com os procedimentos operacionais normais (ESOP). O procedimento que consta neste manual refere:

- “Ser executado apenas no primeiro voo do dia ou após o reabastecimento”.

De acordo com os dados de comunicação do Controlo de Tráfego Aéreo, a tripulação contactou o controlo de Cascais às 15:28:15 e recebeu a seguinte autorização:

Após a decolagem, volte à direita e suba para 1000 pés; voe diretamente para a posição Cova do Vapor e introduza código transponder 3216.

Cova do Vapor está na rota VFR do túnel sul (rota para aeronaves ligeiras e helicópteros - AIP Portugal ENR 1.2 Regras de voo visual).

O piloto instrutor (PIC) e o aluno piloto deram o arranque ao motor, executaram os testes do mesmo e taxiaram para a pista 35 sem anomalias observadas. Às 15:42 a tripulação recebeu a autorização para decolagem.

A decolagem, a subida e a parte inicial do voo prosseguiram sem incidentes. A atmosfera era turbulenta e os pilotos sentiram solavancos motivados por correntes de vento ascendentes na rota. Devido a essa condição atmosférica, o aluno piloto (PF) teve dificuldade em estabilizar a aeronave na altitude inicialmente autorizada de 1000 pés, tendo subido acima de 1200 pés AGL³ de acordo com dados recebidos da NAV Portugal.

sample for contaminants, in accordance with the extended standard operating procedures (ESOP). The procedure in this manual states:

- “To be performed only on the first flight of the day or after refuelling”.

According to the Air Traffic Control communication data, the crew contacted Cascais control at 15:28:15 and received the following clearance:

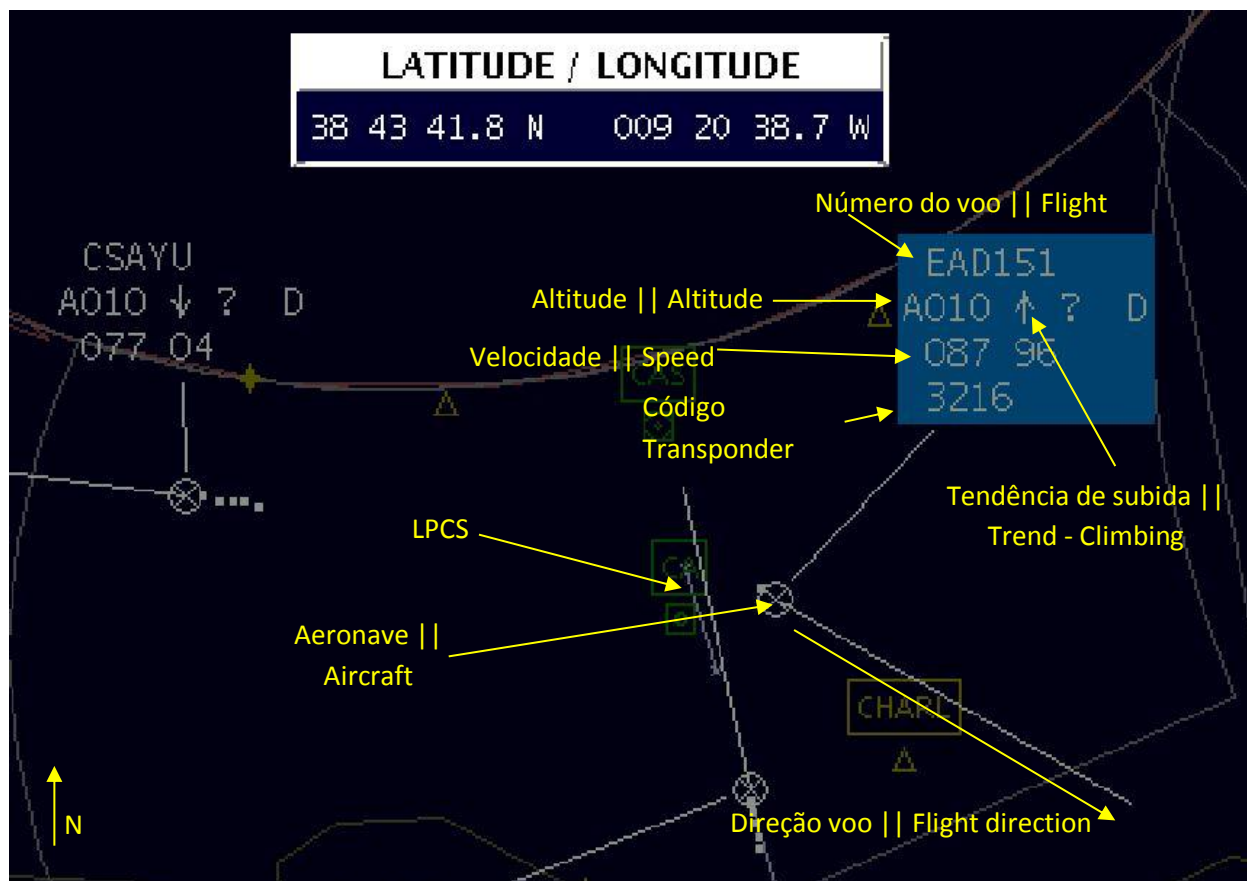
After takeoff, turn right and climb to 1000ft; fly heading direct to Cova do Vapor position, squawk 3216.

Cova do Vapor is in the VFR south tunnel route (route for light aircraft and helicopters - AIP Portugal ENR 1.2 Visual Flight Rules).

The instructor (PIC) and student pilots started the engine, performed the engine run-up, taxied to the departure runway 35 at LPCS, with no anomalies noted. At 15:42 the crew received the takeoff clearance.

The takeoff, climb-out and initial portion of the flight proceeded without incidents. The atmosphere was turbulent and the pilots experienced bumps due to in route up drafts. Because of this atmospheric situation, the student pilot (PF) had some difficulty to stabilize the aircraft in the initially authorized altitude of 1000ft, having bumped until an altitude above 1200ft AGL³, according to the NAV Portugal radar plots.

³ AGL - A altitude na aviação é medida utilizando o nível médio do mar (MSL) ou o nível do solo local (acima do nível do solo, ou AGL) como referência. || Aviation altitude is measured using either mean sea level (MSL) or local ground level (above ground level, or AGL) as the reference datum.


Figura 1 || Figure 1

Primeira posição da aeronave recebida pelo radar às 15:44:40 || First aircraft radar target at 15:44:40

A aeronave, com algumas dificuldades em manter a altitude constante devido à meteorologia, voava aproximadamente a 1200 pés de altitude na posição N 38 41 56.6 W 009 18 27.6, mantendo rumo sul que a conduziria a noroeste da posição Cova do Vapor, atravessando o rio Tejo.

No momento em que o piloto instrutor (PIC) procedia à troca da frequência VHF para passar a ouvir a frequência de aproximação de Lisboa, LIS App, subitamente sofreram uma falha de motor sem aviso prévio às 15:46.

Esse facto é consistente com o alvo radar indicando o início da descida de acordo com a imagem radar. A posição estimada do IFSD foi N 38 41 17.9 W 009 18 09.3.

The aircraft, struggling to maintain a constant altitude due to the weather conditions, flew approximately at 1200ft by 15:46:14 in position N 38 41 56.6 W 009 18 27.6 and maintained a southerly direction which would lead it to northwest of Cova do Vapor position, crossing the Tejo river.

In the moment that the instructor pilot (PIC) was going to change the VHF frequency to listen LIS App, suddenly experienced an IFSD, without warning at 15:46.

This fact is consistent with the radar target indicating the start of the descent, according to the radar plot. The IFSD estimated position at N 38° 41.17.9 W 009 18.09.3.

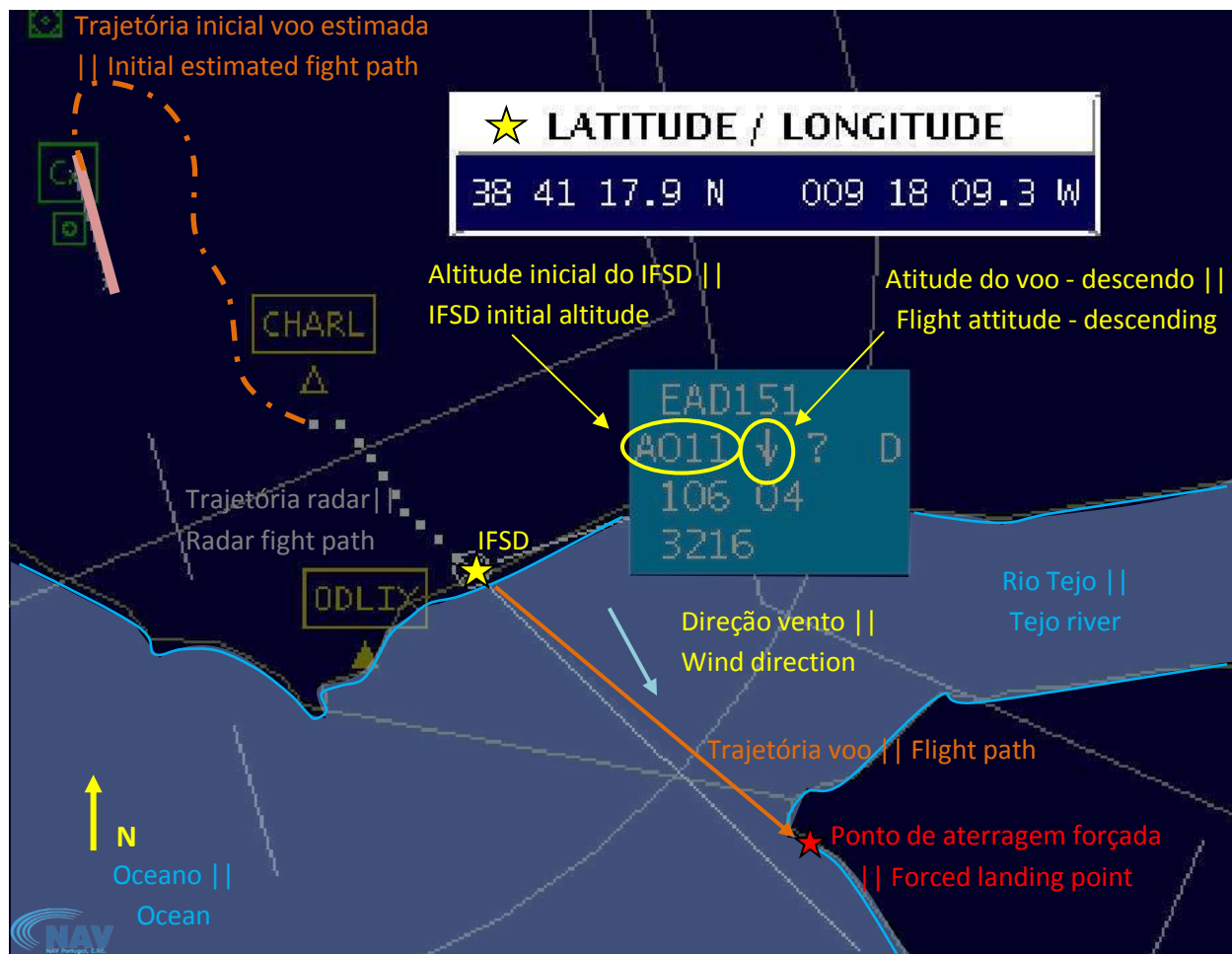


Figura 2 || Figure 2
 Projeção radar do ponto de início da descida || Radar plot for starting descent point

De acordo com as declarações do aluno piloto, o piloto instrutor (PM) não se apercebeu que o motor tinha parado de funcionar. Ao ser avisado pelo aluno piloto (PF), o piloto instrutor (PIC) assumiu a emergência do voo como PIC/PF e tentou solucionar o problema do motor.

A aeronave continuou a descer na direção sudeste com um vento de cauda estimado entre 25kt a 29kt. O controlo do planeio foi entregue ao aluno piloto pelo piloto instrutor.

Inúmeras tentativas de reiniciar o funcionamento do motor foram feitas até pouco antes de a aeronave colidir com a areia da praia. Segundo o aluno piloto, durante todas essas tentativas, o piloto instrutor não usou a lista de verificação conforme definido no manual de operações de voo da escola EAA, realizando todos os procedimentos de memória.

According to the student pilot statements, the instructor pilot (PM) did not realize that the engine had stopped working. Upon being warned by the student pilot (PF), the instructor pilot (PIC) assumed the emergency of flight as a PIC/PF and began the engine troubleshooting.

The aircraft continued to descend in the southeast direction with an estimated wind between 25kt and 29kt. The aircraft control for gliding was delivered by the instructor pilot to the student pilot.

The engine start attempts were made until just before the aircraft crashed into the sand beach. The student pilot stated that, during all these attempts, the instructor pilot didn't use the checklist as defined in the EAA School - flight operations manual, performing all procedures by memory.



Figura 3 || Figure 3

Trajetória completa do voo EAD151 || EAD151 Complete flight path

A 500 pés de altitude, pelas 14:47:31, na posição N 38 40 01.8 W 009 16 25.9, o contato do radar foi perdido, provavelmente devido a máscara do terreno⁴. O piloto instrutor fez uma chamada rádio para o controlo de tráfego aéreo de Cascais, usando o procedimento de sinal voz de socorro nas comunicações rádio, *Mayday, Mayday, Mayday*, declarando que o motor da aeronave estava parado e que efetuará uma aterragem de emergência numa praia, na Cova do Vapor.

Em torno dos 400 pés de altitude, o piloto instrutor (PIC) definiu uma posição para a tentativa de uma aterragem forçada, uma faixa de areia da praia de São João da Caparica.

O piloto instrutor (PIC/PF) voou a aeronave como PF e continuou, sem sucesso, a dar partida ao motor praticamente até ao momento em que perde o controlo da aeronave. Não ficou claro para a investigação as várias trocas de controlos da aeronave entre o piloto instrutor e o aluno piloto durante todo o procedimento de

At 500ft height, around 14:47:31, in position N 38 40 01.8 W 009 16 25.9, the radar contact was lost, probably due to terrain masking⁴. The instructor pilot made a call to Cascais Air Traffic Control, using distress signal in voice-procedure radio communications, *Mayday, Mayday, Mayday*, declaring that the aircraft engine was shut down and that he would carry out an emergency landing on the beach, at Cova do Vapor.

About 400ft height, the instructor pilot (PIC) defined a place for the forced landing, a sand strip at São João da Caparica beach.

The instructor pilot (PIC/PF) flew the aircraft as PF and made several attempts to start the engine, which were unsuccessful, until the last few feet before the loss of control. It was not clear to the investigation the several exchanges of aircraft controls between the instructor pilot and the student pilot throughout the emergency

⁴ Máscara do terreno: os ecos radar não são recebidos devido à presença de terreno entre a aeronave alvo e o radar. || Terrain masking: Radar returns are not received due to the presence of terrain between the target aircraft and the radar head.

emergência.

Durante a aproximação, o aluno piloto (PM) declarou que *“a única coisa a fazer, para mim, foi acender e apagar as luzes de aterragem”*, tentando avisar as pessoas na praia da aproximação da aeronave.

A perda do controle em voo durante a tentativa de aterragem na praia aconteceu às 15:48:29, confirmada por uma gravação vídeo, que mostra a aproximação e parte da aterragem da aeronave na praia.

Numa atitude de nariz em cima e em perda de sustentação aerodinâmica com consequente perda de controle (LOC-I), a aeronave bateu no solo com violência, inicialmente com a roda esquerda do trem de aterragem principal, seguindo-se o embate com a roda de nariz, hélice e trem principal direito. Após o embate e por reação do trem, a aeronave elevou-se percorrendo alguns metros no ar até estabilizar nas três rodas do trem principal, continuando a desaceleração.

Durante a rolagem, a aeronave, sem qualquer controle, passou através de um canal de agueiro que escorria para o mar. Na sequência de desaceleração pelo atrito com a água e na saída da mesma, o montante da asa esquerda cedeu por completo, pois a sua integridade estrutural tinha sido comprometida durante o primeiro toque da aeronave na areia.

A distância total de rolagem que a aeronave percorreu na areia, desde o embate até ao ponto de paragem final, foi de 245 metros.

procedure.

During the approach, the student pilot (PM) stated that *“the only thing to do, for me, was turn on and off the landing lights”*, trying to warn the people on the beach of the airplane approach.

The loss of control in-flight during the landing attempt on the beach occurred at 15:48:29, confirmed by a surveillance video, showing the aircraft approach and touchdown on the beach.

With a nose-up attitude and close to stall speed leading to the loss of control (LOC-I), the aircraft violently crashed into the ground, initially with the left main landing gear, then with the nose wheel, propeller and right wheel. After this first hard touch and due to the landing gear reaction, the aircraft bounced a few meters on the air then stabilized on the three wheels continuing the deceleration rollout.

During the rollout, and without any control, the aircraft crossed a sea rip current channel. During this high drag deceleration event, the left wing mount bent forward as its structural integrity was compromised on the first ground touch.

The total rollout distance on the sand, from the first touch to the final stop position, was 245 meters.



Figura 4 || Figure 4
Local do acidente || Crash site

Durante a rolagem, a aeronave embateu em duas pessoas, um homem de 56 anos e uma criança de 8 anos do sexo feminino, causando lesões fatais em ambos. O piloto instrutor e o aluno piloto saíram da aeronave sem ferimentos.

During the landing roll, the aircraft reached two people, a 56 years old male and an 8 years old female, causing fatal injuries in both. The instructor and the student pilot left the aircraft uninjured.

1.2. Lesões || Injuries to persons

Lesões Injuries	Tripulantes Crew	Passageiros Passengers	Outros Others
Mortais Fatal	-	-	2
Graves Serious	-	-	-
Ligeiras Minor	-	-	2
Nenhumas None	2	-	N/A
TOTAL	2	-	4

Para além dos dois feridos mortais, de acordo com o relatório da polícia marítima (NUIPC: 48/17.6 MCLSB) duas pessoas sofreram ferimentos leves, devido à tentativa de correr para se afastarem do avião que ia na direção delas.

Adding to the two fatal injuries, according to the maritime police report (NUIPC: 48/17.6 MCLSB), two people suffered minor injuries due to an attempt to run away from the aircraft approaching in their direction.

1.3. Danos na aeronave || Damage to aircraft

Foram identificados danos substanciais na asa esquerda, nomeadamente na raiz, no seu revestimento inferior, ponta e montante.

O berço do motor partiu em vários pontos.

A asa direita também apresentava danos no revestimento do intradorso; o trem de nariz e o revestimento inferior da fuselagem foram também afetados pelas cargas decorrentes da desaceleração.

Com a falha total do montante da asa esquerda na passagem pelo agueiro, houve uma rutura na linha de alimentação de combustível do tanque junto à raiz da asa, provocando uma fuga de combustível.

A aceleração vertical no momento do toque inicial provocou a quebra da estrutura do berço do motor (que também suporta o trem de aterragem de nariz) e a deflexão de toda a estrutura à frente do para-fogo, diminuindo o espaço disponível entre a hélice e o chão, permitindo o toque da mesma na areia e provocando danos que se estenderam ao cone.

There was a substantial damage on the LH wing on the root, lower skin, strut mount and wing tip.

The engine mount was found broken in several places.

The RH wing lower skin was also damaged; the main nose landing gear and lower fuselage skin also suffered from the loads developed during the slow-down process.

With the total collapse of LH wing strut when crossing the rip current channel, there was a fuel leak in the fuel tank feed line near the wing root.

The vertical acceleration on the initial ground impact caused the breakage of the engine mount (which also supports the nose landing gear) and the deflection of the entire structure in front of the firewall, decreasing the space available between the propeller and the ground, allowing the propeller contact in the sand and causing damages that extended to the prop spinner.

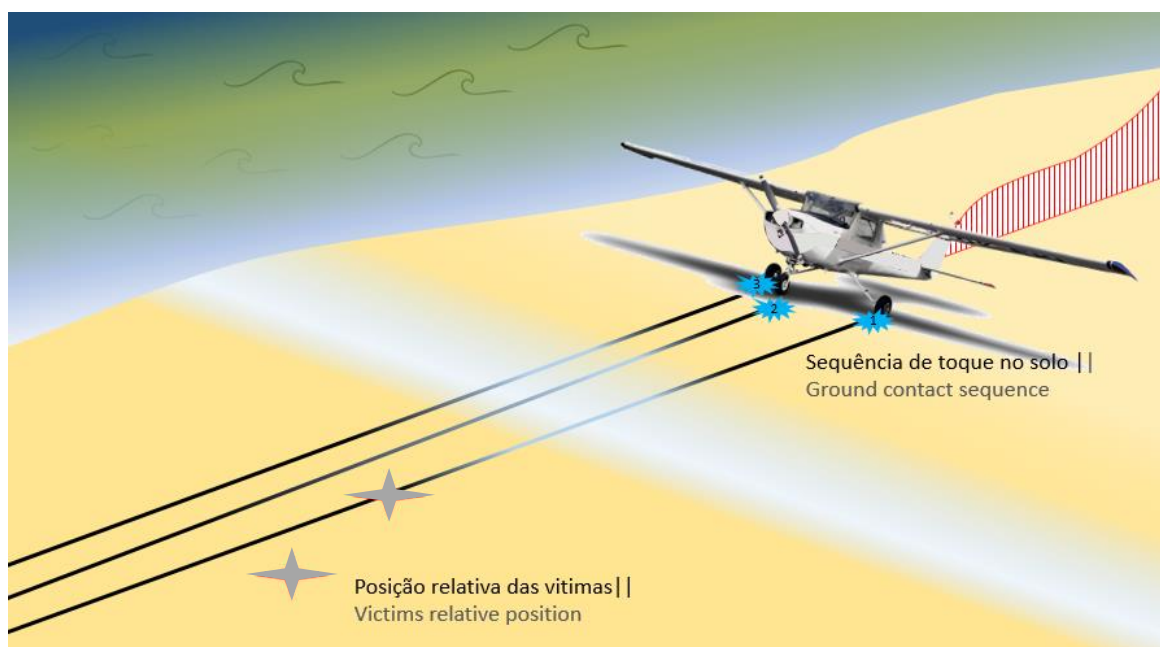


Figura 5 || Figure 5

Trajetória e sequência de eventos do acidente || Path and crash events sequence

Ficou também evidente que o motor não estava a desenvolver potência no momento em que a hélice tocou no solo.

It was clear to the investigation that the engine was not producing power at the moment the propeller touched the ground.

Todas as superfícies dos controlos de voo foram examinadas pela investigação e não foi identificado qualquer defeito pré acidente com as ligações ou controles.

O piloto instrutor (PIC) declarou que já tinha voado na mesma aeronave naquele dia, num voo de treino em condições normais de operação com a duração de 02:40h. Confirmou ainda não terem ocorrido avarias mecânicas ou outras falhas pré acidente, que impedissem o funcionamento normal da aeronave.

All flight controls and control surfaces were analysed and no pre-accident defect was identified.

The instructor pilot (PIC) stated that he had previously flown on the same aircraft in that day and the 02:40h training flight had been normal. He also confirmed that there were no pre-accident mechanical malfunctions or failures, which would have precluded the normal operation of the aircraft.



Figura 6 || Figure 6

Localização dos danos na aeronave || Aircraft damage location

1.4. Outros danos || Other damage

Possível contaminação ligeira da areia da praia com combustível, no local da imobilização da aeronave.

Possible small contamination of the beach sand with fuel on the final aircraft position.

1.5. Pessoas envolvidas || Personnel information

1.5.1. Tripulação técnica de voo || Flight crew

O piloto instrutor (PIC) iniciou a sua carreira na aviação em abril de 1974 como comissário de bordo na TAP Portugal. Em outubro de 1985, passou a oficial piloto em aeronaves turbo-hélice na mesma companhia, onde se qualificou

The instructor pilot (PIC) began his flight career in 1974 April as a cabin crew (flight attendant) on TAP Portugal. In October 1985, he became official pilot in turbo prop aircraft on the same company, where he was qualified as a BE 90 King

como piloto de BE 90 King Air em março de 1987.

A qualificação como instrutor de voo de aviões data de maio de 1992 e sua licença ATPL (A) foi efetivada em março de 1993.

A 25 de maio de 1993 afastou-se do trabalho por motivos de saúde. Reformou-se ainda em 1993, por invalidez.

Em novembro de 2006, o piloto instrutor recebeu a licença de examinador de voo.

Na data do acidente tinha o total de 5.016h de voo, das quais 3.930h em Cessna 152.

Air pilot in March 1987.

His qualification as airplane Flight Instructor (FI) dates 1992 May and his ATPL (A) license issued in 1993 March.

On 1993 May 25th, he left work for health reasons. He retired in 1993, due to disability.

In 2006 November, the instructor pilot received the license of flight examiner.

At the time of the accident he had a total flight time of 5.016h, 3.930h of them in the Cessna 152.

	PILOTO INSTRUTOR INSTRUCTOR PILOT	ALUNO PILOTO STUDENT PILOT
DETALHES PESSOAIS PERSONAL DETAILS		
Nacionalidade Nationality:	Portuguesa Portuguese	Portuguesa Portuguese
Idade Age:	67	27
LICENÇA DE TRIPULANTE TÉCNICO FLIGHT CREW LICENCE		
Tipo Type:	ATPL(A)	Autorização Permission ATPL(A)
Data de Emissão Inicial Date of Initial Issue:	31 MAR 1993	N/A
Entidade Emissora Issuing Authority:	ANAC	ANAC
Data do Último Exame Médico Last Medical Exam Date:	18 JUL 2017	06 JUL 2017
Limitações Limitations:	VML ⁵ /OML ⁶	VDL/RXO ⁷

Na experiência profissional do piloto instrutor, consta ter sido instrutor teórico de navegação, comunicações aeronáuticas, rádio e eletricidade, motores, radio navegação e instrumentos de avião.

De acordo com o seu curriculum, tem experiência em reparações, restauro e modificações de viaturas de diversas marcas, onde trabalhou com motores e transmissões manuais e automáticas, carburadores e ignições eletrônicas.

The instructor pilot professional experience sums theoretical instructor of navigation, aeronautical communications, radio and electricity, material and engines, radio navigation and airplane instruments.

According to his curriculum, he has experience in repairs, restoration and modifications of several vehicles brands, working with engines, manual and automatic transmissions, carburetors and electronic ignitions.

1.5.1.1. Qualificações do instrutor || Instructor ratings

No momento do acidente, o piloto instrutor (PIC) possuía um certificado técnico válido

At the time of the accident, the instructor pilot (PIC) held a valid European Union Flight Crew

⁵ VML - Correção para deficiência na visão distante, intermediária e próxima. || Correction for defective distant, intermediate and near vision.

⁶ OML - Válido apenas como ou com copiloto qualificado. || OML - Valid only as or with qualified co-pilot.

⁷ RXO - Requer exames por especialista em oftalmologia || Requires examinations by specialist in ophthalmology

emitido pela Autoridade de Aviação Civil de Portugal (ANAC). Era portador de um certificado médico classe 1 & 2 relativo a essa licença. O certificado classe 1 apresentado tinha validade expirada em 27 JUL 2017 e o Classe 2 tinha validade até 27 JAN 2018, as limitações desse certificado eram VML e OML.

SEP (land)⁸ – Validade até 28 FEV 2018

IR (SE)⁹ – Validade até 28 FEV 2018

FI (A)¹⁰ – Validade até 31 MAR 2020

IRI (A)¹¹ - Validade até 31 MAR 2020

CRI SEP (land)¹² – 31 MAR 2020

License, ATPL (Airplanes) issued by the Civil Aviation Authority (ANAC) of the Portugal. He held a medical certificate class 1 & 2 relating to that license. The exhibited class 1 certificate had expired on 2017 JUL 27, and class 2 was valid until 2018 JAN 27, the limitations of this certificate were VML and OML.

SEP (land)⁸ – Valid until 2018 FEB 28

IR (SE)⁹ – Valid until 2018 FEB 28

FI (A)¹⁰ – Valid until 2020 MAR 31

IRI (A)¹¹ - Valid until 2020 MAR 31

CRI SEP (land)¹² – 2020 MAR 31

1.5.1.2. Qualificações do aluno piloto || Student pilot ratings

O aluno piloto foi autorizado pela ANAC a cumprir o plano de formação, recebeu uma autorização de aluno piloto ATPL (A) n.º 121/15 emitida em 21 OUT 2017 e com validade até 30 MAR 2018.

O aluno piloto tinha, na data, um total de 124:35 horas de experiência de voo, das quais 31:20 horas realizadas no último mês. Possuía um certificado médico de classe I / II válido até 06 JUN 2018 (I) e 06 JUN 2022 (II) - (LAPL).

The student pilot was authorized for flight training syllabus by ANAC, held a student authorization ATPL (A) no. 121/15 issued at 2017 OCT 21 and valid until 2018 MAR 30.

The student pilot had a total of 124:35 hours flying experience, of which 31:20 hours were flown in the last month. He held a class I/II Medical Certificate which was valid until 2018 JUN 06 (I) and 2022 JUN 06 (II) - (LAPL).

1.6. Informação sobre a aeronave || Aircraft information

1.6.1. Generalidades || General

O Cessna 152, desenhado pela Cessna Aircraft Company, possui dois assentos e trem de aterragem triciclo fixo; é uma aeronave de aviação geral usada principalmente em voos de treino e uso pessoal.

O projeto tem por base o modelo anterior, o Cessna 150, onde foram incluídas uma série de pequenas alterações de *design* e um motor ligeiramente mais potente que usa gasolina de aviação Avgas 100LL.

O Cessna 152 saiu de produção há mais de trinta

The Cessna 152, designed by the Cessna Aircraft Company, has two-seat and fixed tricycle gear; it's a general aviation airplane, used primarily for flight training and personal use.

The project was based on the earlier Cessna 150 model, on which were included a number of minor design changes and a slightly more powerful engine running on Avgas 100LL aviation gasoline.

The Cessna 152 has been out of production for

⁸ SEP (land) - Monomotor a pistão terrestre. || Single engine piston land.

⁹ IR (SE) – Classificação instrumentos monomotor. || Instruments rating single engines.

¹⁰ FI (A) – Instrutor de voo em aviões. || Flight instructor airplanes.

¹¹ IRI (A) – Instrutor de avaliação de voo por instrumentos. || Instrument rating instructor.

¹² CRI SEP (land) – Instrutor de avaliação de classe. || Class rating instructor.

anos, havendo ainda um grande número de aeronaves em condições de voo como era o caso do CS-AVA. Devido à durabilidade da aeronave, muitos exemplares voaram mais de 20.000 horas, efetuaram mais de 60.000 aterragens e ainda estão ao serviço na formação de pilotos.

A aeronave é equipada com trem de aterragem triciclo fixo. O trem principal é de construção em aço tubular, coberto por uma carenagem aerodinâmica e com um degrau para acesso à cabine. O trem principal tem uma distância entre eixos de 2,3 m.

A roda do nariz está conectada à estrutura do berço do motor e é equipada com um amortecedor óleo-pneumático. O conjunto da roda está ainda ligado aos pedais do leme através de um sistema articulado por mola, sendo direcionável oito graus para cada lado. O controlo direcional da aeronave é feito por travagem diferencial.

O sistema de travagem consiste num travão de disco único por roda principal e operado por um sistema hidráulico. Os travões são operados pressionando a parte superior dos pedais atuando um cilindro, pedal esquerdo trava a roda esquerda, pedal direito trava a roda direita.

more than thirty years, but there are still a large number of aircraft in flying conditions, as was the case of CS-AVA. Due to the aircraft's durability, many examples have flown more than 20,000 hours and performed over 60,000 landings, and are still in use for flight training.

The aircraft is equipped with a fixed tricycle landing gear. The main gear has tubular steel legs surrounded by a full-length fairing with a step, for access to the cabin. The main gear has a 2.3 m wheelbase.

The nose wheel is connected to the engine mount and has an oleo-pneumatic strut. The nose wheel is connected to the rudder pedals through a spring linkage that allows steering inputs through eight degrees either side of neutral. Differential braking assures the directional control of the aircraft.

The braking system consists of single disc brake assemblies fitted to the main gear and operated by a hydraulic system. Brakes are operated by pushing on the top portion of the rudder pedals acting on a cylinder where the LH pedal acts on the LH wheel and the RH pedal on the RH wheel.

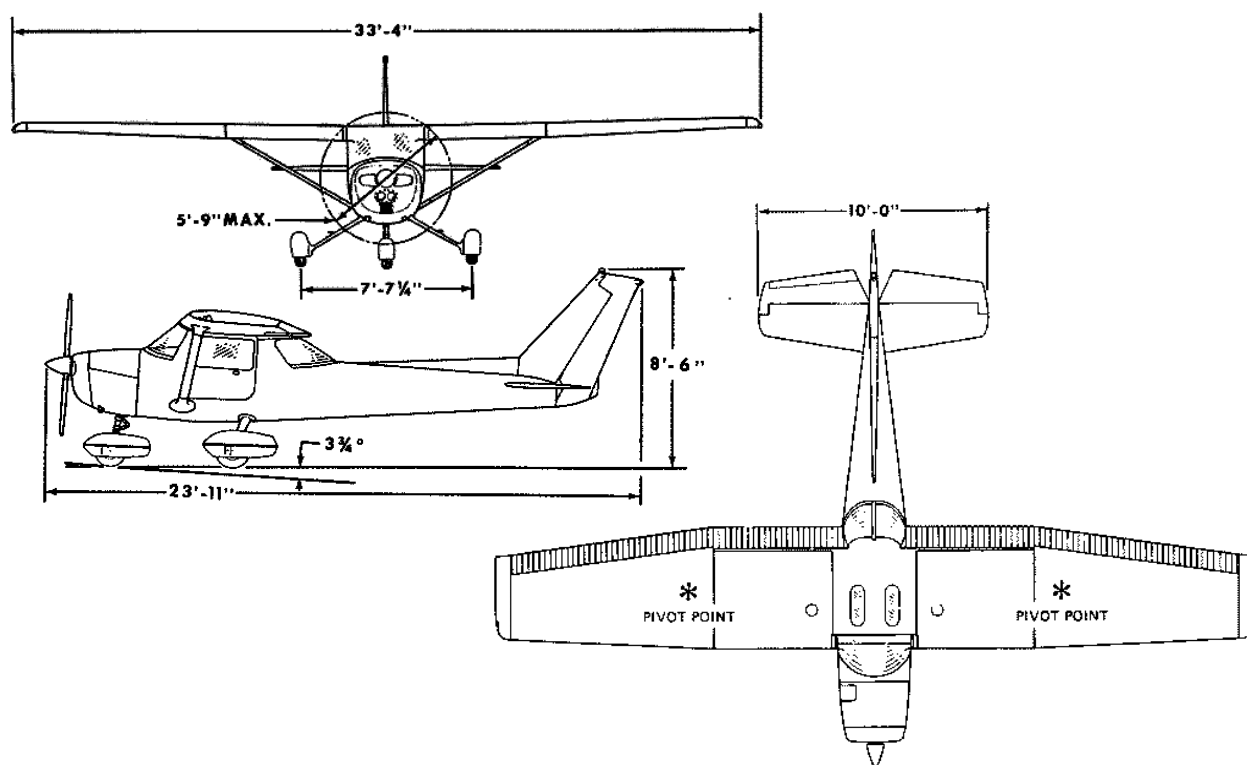


Figura 7 || Figure 7

Três vistas do Cessna 152 || Cessna 152 three views

1.6.2. Características Gerais da Aeronave || Aircraft generic characteristics

O CS-AVA foi fabricado em 1979 e acumulou 14.955:55 horas de voo desde novo. A data da última inspeção foi em 22 MAR 2017.

The CS-AVA was manufactured in 1979 and had accumulated 14.955:55 hours of flight since new. The last inspection date was 2017 MAR 22.

Referência Reference	Aeronave Airframe	Motor Engine	Carburador Carburettor	Hélice Propeller
Fabricante Manufacture	Cessna	Lycoming	Marvel-Schebler	Sensenich
Tipo/Modelo Type/Model	C152	O-235-L2C	MA-3PA/10-5267	72CK56-0-54
N.º de Série Serial No.	152-83295	L-20266-15	MSA89002	K1028
Ano de construção Year of built	1979	N/D UNK	N/D UNK	2013
Tempo desde Novo T S N	14,955:55	14,237:55	N/D UNK	1,984:45
Tempo desde Revisão T S O	N/A	1,844:40	1,844:20	148:15
Data da última Inspeção Last Insp. Date	2017 JUN 23	2017 JUL 28	2015 JUN 13	2017 JUN 02

1.6.3. Motor || Engine

A aeronave Cessna 152 é equipada com um motor Lycoming O-235, em produção desde 1942, e debita 110 hp (82 kW) às 2550 rpm.

The Cessna 152 is equipped with a Lycoming O-235 engine, which has been in production since 1942, producing 110 hp (82 kW) at 2550 rpm.

O motor Lycoming da série O-235 é do tipo cárter húmido de quatro cilindros horizontalmente opostos sem redutora, refrigerado a ar.

The Lycoming O-235 series engine is a four cylinder, direct drive, horizontally opposed, wet sump, air-cooled.

O sistema de admissão está equipado com um carburador Marvel-Schebler, MA-3PA. O carburador é do tipo boia de cuba única equipado com controlo de mistura manual e “corte de combustível”.

The Induction System is equipped with a Marvel-Schebler carburettor, MA-3PA. The carburettor is a single barrel float type and is equipped with manual mixture control and “idle cut-off”.

Foram realizadas várias peritagens detalhadas ao motor, iniciando-se com o motor ainda instalado na aeronave e mais tarde, depois de removido, foi testado em banco de ensaio numa oficina aprovada para o efeito. Os resultados dos ensaios podem ser consultados no capítulo 1.16.1.

Several detailed tests and researches were made to the engine, with the engine still installed on the aircraft and later, after being removed, it was tested on a bench in an approved workshop. The results of the tests can be found in chapter 1.16.1.



image: airpowerinc

Figura 8 || Figure 8
Motor Lycoming O-235 || Lycoming Engine O-235

1.6.4. Sistema de combustível || Fuel system

O sistema de combustível do C152 é de construção simples, constituído por 2 tanques em alumínio instalados junto à raiz de cada semi-asa com capacidade total de 142 litros de Avgas utilizável (versão *long range*). A alimentação do motor é realizada por gravidade. O corte é assegurado através de uma válvula com comando no chão do cockpit. Está ainda instalado um filtro de combustível primário antes do carburador. O corte é assegurado através de uma válvula com comando no chão do cockpit. Está ainda instalado um filtro de combustível primário antes do carburador.

A ventilação positiva é fornecida por uma linha de ventilação e uma válvula de retenção montada no tanque da asa esquerda, e por uma linha de cruzamento que liga os dois tanques equipados com tampa de combustível ventilada.

Cada tanque tem um dreno de combustível, existindo ainda um dreno adicional localizado entre a válvula de corte e o filtro.

The C152 fuel system is a simple construction, consisting of 2 aluminium tanks installed next to the root of each semi-wing with a total usable capacity of 142 litres of Avgas (long range version). The engine is fed by gravity only. The fuel shut-off valve, located on the cockpit floor, ensures the fuel cut-off. A primary fuel filter is installed before the carburettor.

Positive ventilation is provided by a vent line and a check valve located in the left hand wing tank, a cross feed line connecting the two tanks together and vented fuel caps.

A fuel drain is located in each fuel tank and an additional drain is located between the shutoff valve and the strainer.

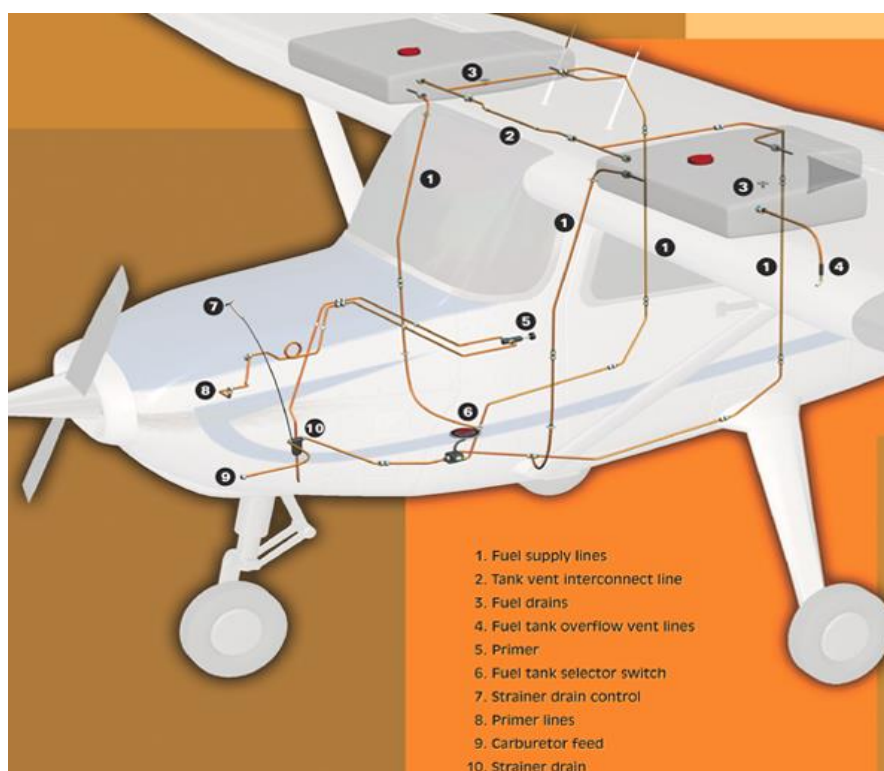


Figura 9 || Figure 9
Esquema do sistema de combustível || Fuel system schematics

source: quora

A Air BP confirmou o abastecimento de 50 litros de combustível pela nota n.º 29402 e o piloto instrutor estimou 100 litros de combustível total a bordo antes de iniciar o voo do acidente.

The certificate of delivery from Air BP no. 29402, confirms the 50 litters fuel supplied and the instructor estimated 100 litres total of on-board fuel before the accident flight.

O aluno piloto chegou a LPCS com o tempo adequado para preparar a aeronave para o voo de instrução, de acordo com o ATO ESOP; no entanto, não realizou a drenagem dos tanques após o abastecimento conforme recomendado pela Cessna no SAIB - Boletim de Aeronavegabilidade Informativo Especial CE-10-40R1-2010.JUL.30.

The student pilot arrived to LPCS with sufficient time to prepare the aircraft for the intended training flight as per ATO ESPO; however, he didn't drain the fuel tanks after the fuel refill as recommended by Cessna on the SAIB – Special Airworthiness Information Bulletin, CE-10-40R1-2010.JUL.30.

1.6.4.1. Sistema de ajuda ao arranque || Primer system

Por forma a facilitar o arranque a frio, o motor está equipado com sistema de injeção manual de combustível diretamente na cabeça de um dos cilindros (item 5 da figura 9). O denominado *primer* é, na verdade, uma pequena bomba que extrai combustível do filtro de combustível quando o êmbolo é puxado para fora, e injeta-o no ou nos coletores de admissão do ou dos cilindros quando o êmbolo é acionado (tipo seringa). A pega do êmbolo, localizada do lado esquerdo no painel de instrumentos, está equipada com um pino bloqueador e, depois de ser empurrada para dentro, deve ser rodada até que o êmbolo fique seguro/trancado.

For cold starting, the engine is equipped with manual priming system (item 5 shown on figure 9). The primer is actually a small pump which draws fuel from the fuel strainer when the plunger is pulled out, and injects it into the cylinder intake ports when the plunger is pushed back in.

The plunger knob, located on the LH side of instrument panel, is equipped with a lock and, after being pushed full in, it must be rotated until the knob cannot be pulled out.

O sistema encontrava-se operativo e não foram encontradas evidências de danos ou qualquer falha.

The system was operating normally, without damage or failure evidence.

Segundo as declarações do piloto instrutor, o sistema foi usado durante as tentativas de arranque do motor. Segundo as mesmas declarações e confirmadas pelo aluno piloto, o motor tendia a arrancar a cada injeção do *primer*.

As per the instructor pilot's declarations, the primer system was used during the engine starting attempts. Both, instructor pilot and student pilot, affirmed that the engine struggled to start at each primer injection.

1.6.5. Sistema do carburador || Carburettor system

O motor está equipado com um carburador¹³ do tipo *updraft*, com venturi de boia de nível constante, montado na parte inferior do motor.

The engine is equipped with an updraft¹³, venturi float-type, fixed jet carburettor mounted on the bottom of the engine.

O carburador é um dispositivo que fornece aos cilindros uma mistura de combustível com o ar numa quantidade medida. Conforme o combustível sobe na cuba, a boia articulada atua como alavanca e opera como fulcro numa

The carburettor is a device for introducing and mixing a metered amount of fuel to the cylinders. As the fuel rises in the float bowl chamber, it lifts a float that is hinged to the throttle body. The float fulcrum lever carries a

¹³ O carburador *updraft* é um tipo de carburador utilizado nesta configuração de motores boxer, em que o ar entra por baixo do motor e a mistura é entregue no coletor de admissão do motor, também localizado por baixo dos cilindros. || Updraft carburettor is a type of carburettor which is a component of these boxer engines that mixes air and fuel together, and in this type, the air enters at the bottom and exits at the top to go to the engine.

válvula de agulha onde controla a entrada de combustível no carburador. Quando o nível de combustível sobe o suficiente na cuba, a válvula de agulha começa a restringir parcialmente ou a interromper o fluxo de combustível. A altura do combustível no injetor de descarga é controlada pela posição da boia e pela válvula de agulha na cuba.

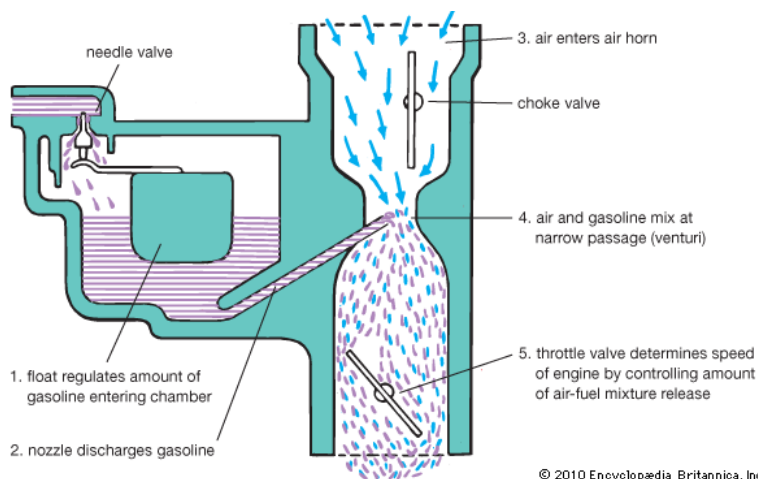


Figura 10 || Figure 10

Carburador CS-AVA e esquema funcionamento (venturi mostrado invertido) ||
CS-AVA Carburettor and schematics (venturi shown inverted)

O carburador, como qualquer outro sistema, deve ser mantido adequadamente, na configuração atualizada do modelo e com as listas de peças pelas quais foi certificado.

Inspeção pré-voo: em cada inspeção pré-voo, o piloto deve determinar que não há fuga de combustível do carburador. A fuga de combustível é evidenciada por manchas do corante de combustível no corpo do carburador ou na carenagem abaixo do carburador.

Inspeção de 100 horas: uma inspeção mais abrangente de todo o sistema de combustível é realizada na inspeção de 100 horas ou anual, particularmente no Cessna 152, 200 horas ou anual. O carburador recebe especial atenção na drenagem de combustível da cuba verificando presença de sedimento e onde o filtro de combustível é removido e limpo.

Revisão geral: Não há um número específico de horas operacionais entre as revisões especificadas pelo fabricante do carburador. No entanto, as recomendações e boas práticas operacionais determinam que o carburador

needle valve, the point of which extends into a seat at the inlet of the carburettor. When the fuel level rises far enough in the bowl, the needle valve begins to partially restrict or close off the fuel flow. The height of the fuel in the discharge nozzle is controlled by the position of the float and the needle valve in the float chamber.

The carburettor, as any other appliance, must be properly maintained, in the up to date mod-status configuration and with the parts lists by which it was certificated.

Pre-flight inspection: At each pre-flight inspection, the pilot should determine that there is no fuel leaking from the carburettor. Leaking fuel is evidenced by fuel dye stains on the carburettor body or in the cowling below the carburettor.

One Hundred Hour Inspection: A more comprehensive inspection of the entire fuel system is performed on the one hundred hour or annual inspection, particularly in Cessna 152, two hundred hours or annual. The carburettor gets special attention as the fuel bowl is drained of any sediment and the fuel strainer removed and cleaned.

Overhaul: There is no specific number of operational hours between overhauls. Good operating practice, however, dictates that at the time of engine overhaul, the carburettor, also, should be completely overhauled and updated

deve ser completamente revisto e atualizado por boletins de serviço adequados no momento da revisão do motor. Este carburador específico realizou os últimos boletins de serviço do fabricante durante a revisão de 2015.

by proper service bulletins. This particular carburettor performed the latest manufacturer service bulletins during the overhaul performed in 2015.

1.6.6. Sistema de ignição || Ignition system

A ignição das velas do motor é fornecida por dois magnetos acoplados ao motor com duas velas de ignição em cada cilindro. O magneto direito energiza as velas de ignição inferior direita e a superior esquerda, e o magneto esquerdo energiza as velas de ignição inferior esquerda e superior direita. A operação normal é conduzida com ambos os magnetos devido à queima mais completa da mistura ar – combustível com ignição dupla.

Two engine-driven magnetos and two spark plugs in each cylinder provide the engine ignition system. The right magneto fires the lower right and the upper left spark plugs, and the left magneto fires the lower left and upper right spark plugs. Normal operation is conducted with both magnetos due to the more complete burning of the fuel-air mixture with dual ignition.

Foi verificada a calagem dos magnetos e as velas inspecionadas. Não foi encontrada nenhuma evidência de mau funcionamento, estando os magnetos, rede de ignição e todas as velas dentro do padrão visual de bom funcionamento, independentemente da acumulação de chumbo, típico neste modelo de motor.

It was performed the magneto timing and the spark plugs were duly inspected. No evidence of malfunction was found, with magnetos, ignition harnesses and spark plugs within the visual standard for proper operation, regardless of the typical lead build-up on this engine model.



Figura 11 || Figure 11
Condição das velas de ignição || Spark plugs condition

1.6.7. Sistema de admissão de ar || Air induction system

O sistema de admissão de ar do motor recebe ar de impacto através de uma entrada na parte inferior da capota do motor. A ingestão de poeira e outros materiais estranhos é protegida

The engine air induction system receives ram air through an intake in the lower portion of the engine cowling. An air filter removes dust and other foreign matter from the induction air.

por um filtro de ar. O fluxo de ar filtrado passa por uma caixa-de-ar e é entregue ao carburador. Este ar pode ainda ser aquecido por troca de calor do sistema de escape.

O sistema de indução de ar foi inspecionado, encontrando-se em boas condições de operação.

Airflow passing through the filter enters on the air box and is delivered to the carburettor. The air can be mixed with hot air from the exhaust system heat-exchanger.

The air induction system was inspected and was found in good operative condition.

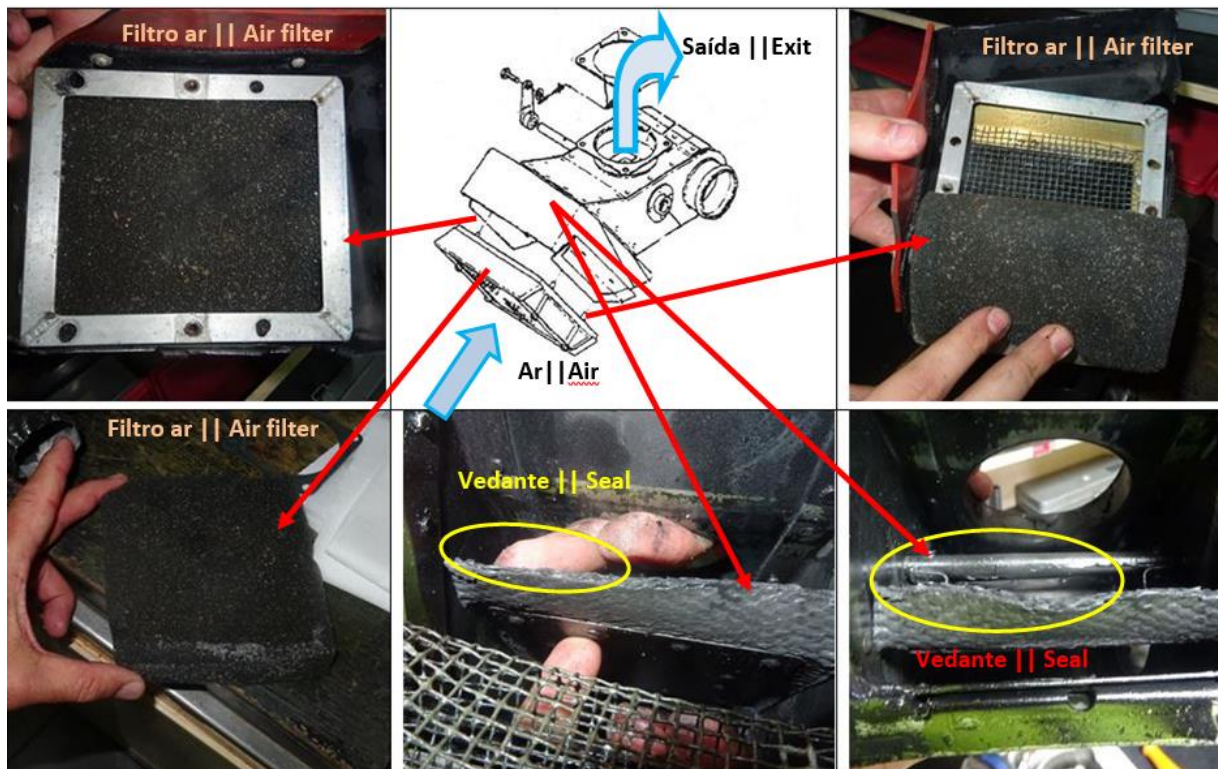


Figura 12 || Figure 12
Sistema de indução de ar || Air induction system

1.6.8. Razão de Planeio Cessna 152 || Glide ratio Cessna 152

Conforme referido em 1.1, estima-se uma altitude de 1200 pés no início do voo planado, com um vento de cauda estimado para a rota de 25 a 29 nós, o que permitiu voar 2,8 milhas náuticas sem motor.

A informação da razão de planeio de cada aeronave, disponível no POH, deve ser do conhecimento do piloto. Uma regra prática para o Cessna 152 é de 1,5 milhas náuticas por 1.000 pés de altitude.

As mentioned in 1.1, an altitude of 1200 feet at the beginning of the gliding flight was estimated. With an en-route estimated tail wind of 25 to 29 knots allowed the aircraft to fly 2.8 nautical miles after the IFSD.

The pilot should know the information about the glide ratio of each aircraft, available on the POH. A rule of thumb for Cessna 152s is 1.5 nautical miles per 1,000 feet of altitude.

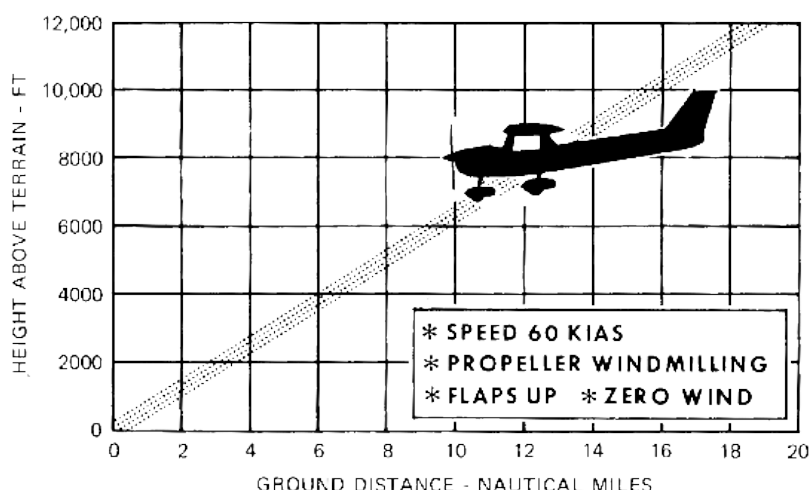


Figura 13 || Figure 13

Razão de planeio Cessna 152 || Cessna 152 gliding ratio figures

1.6.9. Gelo no carburador || Carburettor icing

Embora pouco provável, foi analisado em detalhe a possibilidade de formação de gelo no carburador, uma vez que existem registos de falhas neste tipo de motor provocados por esse efeito.

Dois critérios ditam a probabilidade de condições de gelo no carburador:

- Relação temperatura/humidade relativa do ar, e
- Regime de operação do motor.

A formação de gelo no carburador provoca uma perda de potência e é evidenciada por perda na pressão do coletor de admissão ou queda de RPM, ou ambos, dependendo do tipo de hélice instalada (velocidade constante ou passo fixo). Se esta situação surgir, aplica-se então ar quente ao carburador e ajusta-se a manete de potência para limitar a pressão do coletor de admissão, de acordo como o manual do fabricante.

A humidade relativa no momento da descolagem de LPCS, de acordo com o IPMA, situava-se entre os 39 e 41%.

De acordo com a figura 12, a aeronave voava numa área de probabilidade de gelo moderado.

Não foram detetadas evidências que pudessem confirmar que uma situação de gelo pudesse ter ocorrido nas condições meteorológicas locais e uso de potência cruzeiro. Segundo a informação

Although not very likely, the possibility of engine failure caused by carburettor icing was analysed, since there are registered cases of such events.

Two criteria govern the likelihood of carburettor icing conditions:

- Air temperature vs relative humidity ratio, and
- Engine power setting.

Carburettor ice accretion is associated with loss of power that will be shown as manifold pressure loss or RPM drop, or both, depending on whether a constant speed or fixed pitch propeller is installed on the aircraft. If this situation arises, applying full carburettor air heat and control the throttle for manifold pressure limiting, according to the manufacturer manual.

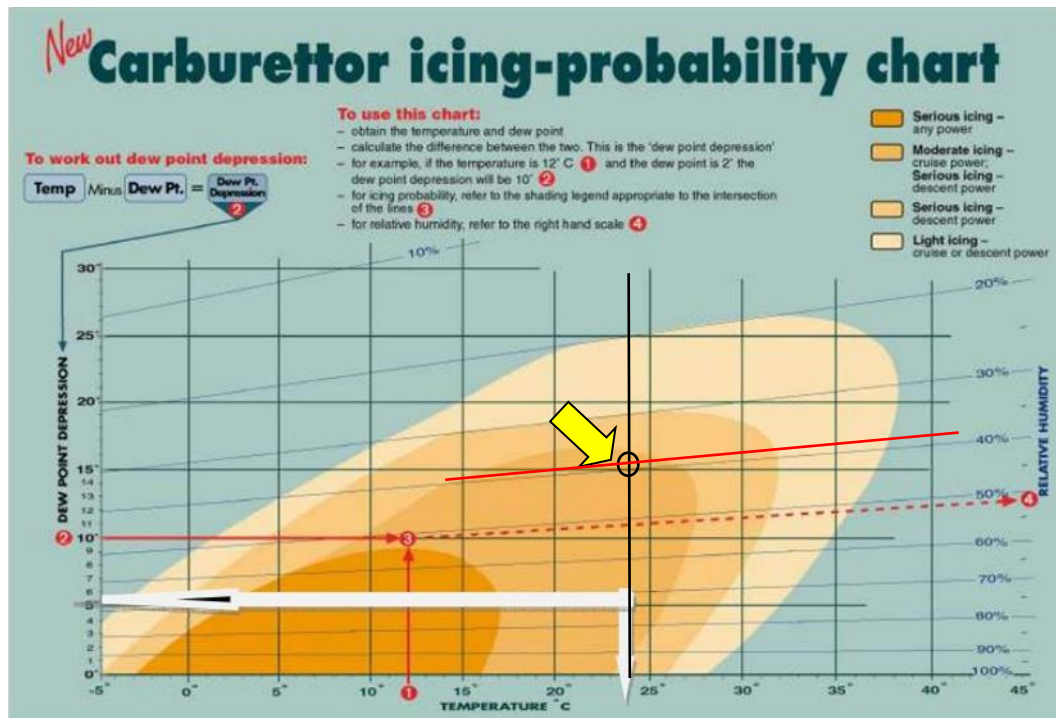
The relative humidity at the time of LPCS takeoff was, in accordance with the IPMA, between 39 and 41%.

According to the figure 12, the aircraft was flying in a moderate ice area probability.

No evidence was found to confirm that an ice situation could have occurred on the local meteo conditions with cruise power applied. According to the crew information, the engine

dos tripulantes a paragem do motor terá sido brusca, não característica de uma falha por acumulação de gelo.

stoppage occurred abruptly, not characteristic of carburettor ice accretion.



Source: ATSB

Figura 13 || Figure 13

Gráfico de probabilidade de formação de gelo no carburador || Carburettor icing-probability chart

1.6.10. Massa e centragem || Mass and balance

O centro de gravidade (CG) da aeronave no dia do voo estava dentro dos limites, como demonstra a folha de “mass and balance structural limitations” preenchida pelo aluno piloto.

O CG era de 33,36 polegadas e a massa prevista de decolagem de 1670 lbs (757,49 kg).

The aircraft centre of gravity (CG) on the day of the flight was within limits, as demonstrated by the “mass and balance structural limitations” sheet completed by the student pilot.

The CG was 33.36 in and the expected takeoff mass of 1670 lbs (757.49 kg).

1.6.11. Navegabilidade e manutenção || Airworthiness and maintenance

A aeronave possuía na época do acidente o certificado de avaliação de aeronavegabilidade PT-124/14 com validade inicial de 12 DEZ 2015, tendo sido prolongado por duas vezes de acordo com o M.A.901 do Anexo I do Regulamento (CE) n.º 2014/2003, satisfazendo os requisitos de aeronavegabilidade. As extensões foram de 12 DEZ 2015 a 15 DEZ 2016 e 07 DEZ 2016 a 15 DEZ 2017.

At the time of the accident, the aircraft had the airworthiness review certificate PT-124/14 with initial validity of 2015 DEC 12 and had been extended twice in accordance with M.A.901 of Annex I Regulation (EC) No. 2014/2003, satisfying the airworthiness requirements. Extensions dated from 2015 DEC 12 to 2016 DEC 15 and 2016 DEC 07 to 2017 DEC 15.

Os registos associados a essas inspeções foram fornecidos à investigação e estavam dentro dos padrões de aeronavegabilidade.

A aeronave esteve sujeita a inspeção de 100 h (DOC AEROP-CE152/1 – 28 JUL 2017) sob responsabilidade da empresa de manutenção Aeroplano Lda.

Foram analisadas várias ocorrências, poucas relacionadas com o motor, tendo sido relatados 17 eventos durante 2017, todos solucionados pela manutenção com ações de correção previstas.

A 17 JUL 2017 foi reportada pela tripulação uma falha técnica referente a uma queda de RPM excessiva durante o teste dos magnetos/motor efetuado no solo. Nesse caso, houve uma substituição de uma das velas de ignição que terá resolvido a falha.

The records associated with these inspections were provided to the investigation and were within the airworthiness standards.

The aircraft was subject to the 100h inspection (DOC AEROP-CE152/1 – 2017 JUL 28), under Aeroplano Lda. maintenance organization.

Several occurrences were analysed, few were related to the engine, having been reported 17 issues during 2017, all solved by maintenance with applicable corrective actions.

On 2017 JUL 17, the crew reported an excessive drop in RPM, during the magneto/engine test on the ground. There was a spark plug replacement and the failure was solved.

1.7. Informação meteorológica || Meteorological information

Prevaleciam condições meteorológicas visuais diurnas durante a missão de treino IFR prevista em rota LPCS-LPEV. O ajuste do altímetro na decolagem foi de 1019 mbar (QFE) e o vento 350/25 kt. Os dois últimos METARs no aeroporto de LPCS foram:

- LPCS 021500Z 34021kt 9999 FEW 016 24/10 Q1019 WS R35
- LPCS 021530Z 34021kt 9999 FEW 016 24/10 Q1019 WS R35

As condições do ar estavam muito turbulentas, com correntes ascendentes e descendentes provocando um voo muito turbulento.

Daytime and visual meteorological conditions prevailed for the instructional IFR training flight, from LPCS to LPEV. The altimeter setting on takeoff was 1019 mbar (QFE) and wind 350/25 kt. The last two METARs at LPCS airport were:

The air conditions were very turbulent, with vertical moving air currents making a very turbulent flight environment.

1.8. Auxílios à navegação || Aids to navigation

Os manuais e cartas aeronáuticas de navegação VFR/IFR encontradas a bordo continham dados adequados às regulamentações de tráfego aéreo aplicáveis, regras do ar, altitudes de voo e área/rota cobrindo a natureza da operação.

The IFR/VFR aeronautical charts and manuals carried on board contained data appropriate to the applicable air traffic regulations, rules of the air, flight altitudes and area/route covering the nature of the operation.

1.9. Comunicações || Communications

O acidente ocorreu no espaço aéreo Classe C da TMA de Lisboa. O piloto fez a chamada de emergência na frequência da torre de Cascais 120,3 MHz. Uma transcrição oficial das gravações, obtidas do ATS NAV Portugal, mostra que a transmissão de socorro foi realizada às 14:47:31 a 500 pés AGL, 77 segundos depois da posição estimada para a falha do motor.

Não foram reportados problemas com as comunicações, somente durante a aterragem de emergência quando o piloto instrutor (PIC) desligou o *master switch* (chave geral), item previsto na lista de verificação *Emergency Landing without Power*.

The accident occurred in Class C airspace in the Lisbon TMA. The pilot made his distress call on the Cascais tower frequency 120.3 MHz. A certified transcript and recordings, obtained from the ATS NAV Portugal, show that the distress transmissions were made at 14:47:31, 500 feet AGL and 77 seconds after the estimated IFSD position.

No communication problems were reported during emergency landing, only when the instructor pilot (PIC) turned off the master switch, as per the Emergency Landing without Power checklist.

1.10. Informação do aeródromo || Aerodrome information

Não aplicável.

Not applicable.

1.11. Gravadores de voo || Flight recorders

A aeronave não estava equipada com gravadores de dados de voo, nem tal era um requisito.

The aircraft was not equipped with flight recorders, nor was it a requirement.

1.12. Destroços e informação sobre os impactos || Wreckage and impact information

Não aplicável.

Not applicable.

1.13. Informação médica e patológica || Medical and pathological information

De acordo com a Autoridade Nacional de Aviação Portuguesa, ANAC, o piloto instrutor cumpria as qualificações médicas para efetuar o voo, apenas com a limitação OML.

Todos os pilotos, antes dos exames médicos clínicos, preenchem um formulário onde devem, obrigatoriamente, manifestar e confirmar toda a informação médica. A investigação apurou que a informação sobre a condição de invalidez que

According to the Portuguese National Aviation Authority, ANAC, the instructor pilot had the proper medical qualifications to carry out the flight, having only the OML limitation.

All pilots, before the medical exams, must fill a questionnaire where they must manifest and confirm, signing, all their medical information. The investigation determined that the information of the disability that was the reason

motivou a aposentação do piloto instrutor foi sempre omitida na resposta a todos os questionários obrigatórios da ANAC.

OML - De acordo com o documento de orientação Part-MED da EASA 2012 DEZ (AMC1 MED.B.001), o código OML significa: "Válido apenas como ou com copiloto qualificado". Isto aplica-se aos membros da tripulação que não cumprem os requisitos médicos para operações de tripulação única, mas são adequados para operações multi-tripulação. Aplicável apenas aos certificados médicos de classe 1.

Foram analisados os tempos de trabalho e descanso da tripulação da aeronave, não tendo sido considerados fatores para o evento.

Após o acidente, pelas 19:47, foi efetuado um teste de alcoolémia à tripulação da aeronave, não tendo sido encontrada nenhuma evidência de presença de álcool, com resultado de 0,00 mg/l.

for the instructor pilot retirement had always been omitted in all ANAC mandatory questionnaires.

OML - According the guidance material part – MED from EASA 2012 DEC (AMC1 MED.B.001), the OML code means: "Valid only as or with qualified co-pilot". This applies to crewmembers that do not meet the medical requirements for single crew operations, but are fit for multi-crew operations. Applicable to class 1 medical certificates only.

The crew rest and work period were analysed, not being considered a factor for the event.

After the accident, at 19:47, an alcohol test was conducted and no alcohol evidence was found on the crew members (0.00 mg/l).

1.14. Fogo || Fire

Não aplicável.

Not applicable.

1.15. Aspetos de sobrevivência || Survival aspects

Os pilotos, de acordo com suas declarações, colidiram sem os cintos de ombros estarem apertados. Foi também confirmado que a aeronave não estava equipada com coletes salva-vidas e a tripulação não usava qualquer dispositivo com esse propósito.

Os regulamentos europeus exigem que os tripulantes de voo de aeronaves civis registradas mantenham os seus cintos de ombro apertados durante as fases de decolagem e aterragem.

O regulamento interno da escola ATO-ESOP, Revisão 06 JUL 2017, refere que os seus ocupantes ao ocuparem um assento devem usar o cinto de segurança sempre que a aeronave estiver em movimento ou o motor estiver em funcionamento.

Ainda de acordo com o mesmo ESOP da ATO, os pilotos devem certificar-se que as aeronaves

According to their statements, both pilots collided without their shoulder belt buckled. It was confirmed that the aircraft was not equipped with lifejackets and the crew did not use any device for that purpose.

European regulations require that registered civil aircraft flight crew members keep their shoulder belts tight during the takeoff and landing phases.

ATO-ESOP internal regulations, Revision 2017 JUL 06, state that its occupants, when occupying a seat, should wear seat belts whenever the aircraft is in motion or the engine is running.

According to the same ATO ESOP, pilots must ensure themselves that the aircraft is equipped

estão equipadas com um colete salva-vidas para cada pessoa a bordo.

Foi possível ainda confirmar que o piloto instrutor (PIC) e o aluno piloto não destrancaram as portas da aeronave antes da tentativa de aterragem forçada conforme previsto na lista de verificação “EMERGENCY LANDING WITHOUT POWER”.

with a lifejacket for each person on board.

It was also possible to confirm that the instructor pilot (PIC) and the student pilot did not unlatch the aircraft doors prior to the emergency landing attempt as established on the EMERGENCY LANDING WITHOUT POWER checklist.

1.16. Ensaios e pesquisas || Tests and research

1.16.1. Ensaios ao motor || Engine tests

Um exame detalhado ao motor foi realizado nas instalações do GPIAAF, em Viseu, com o motor ainda instalado na aeronave. O exame foi realizado por um perito qualificado e muito experiente neste tipo de motores, tendo a equipa de investigação acompanhado todos os passos.

O motor estava intacto e não apresentava qualquer dano. Os seus componentes apresentavam-se em boas condições e nenhum sinal de fugas foi observado.

Foram procuradas evidências de uma possível falha no sistema de combustível, ignição ou admissão de ar. Os componentes principais de cada um dos subsistemas foram removidos e analisados sem apresentarem qualquer falha.

O motor foi então removido da célula e transportado para as instalações de uma oficina autorizada para a reparação e ensaio destes motores, com o objetivo de ser analisado e testado em banco.

O motor foi instalado no banco de ensaio com todos os componentes originais e, sem intervenção, foi acionado o motor de arranque e o motor arrancou de imediato.

Durante os testes, foram avaliados vários parâmetros, a pressão e temperatura do óleo, sistema de ajuda no arranque (*primer*), queda de rotações por corte de magnetos, controlo de mistura, aceleração e ralenti.

Todas essas análises foram efetuadas de acordo com o *Overhaul Manual Direct Drive Engines* 60294-7-14. Segundo o relatório da empresa

A detailed examination of the engine was carried out at the GPIAAF facilities at Viseu, with the engine still installed on the airframe. An experienced and qualified expert, accompanied by the investigation team, carried out the engine examination.

The engine was found intact without any kind of damage. The main components were in good conditions and no signs of leakage were observed.

Evidence of possible fuel system failure, ignition, or air intake was sought. The main components of each subsystem were removed and analysed without any failure.

The engine was then removed from the cell and moved to an authorized repair and test facility for these engines, for test bench.

The engine was installed on the test bench with all the original components and, without intervention, the starter was activated and the engine started immediately.

During the tests, several parameters were evaluated, the oil pressure and temperature, the primer system, the rpm drop by magneto cut-off, mixing control, acceleration and idling.

All these analysis were performed according to *Overhaul Manual Direct Drive Engines* 60294-7-14. According to the report of the company

certificada para a realização destes ensaios, todos os componentes do motor estavam em boas condições de operação.

certified to perform these tests, all the engine components were in good operating condition.

1.16.2. Ensaios ao Combustível || Fuel analysis and tests

A investigação, para além da análise ao combustível contido nos depósitos no momento do acidente, procurou evidências de algum tipo de contaminação do combustível fornecido à aeronave nos quatro dias anteriores ao voo do acidente.

Todos os abastecimentos em LPCS foram efetuados pelo autotanque AT-02, que foi retirado de serviço até a finalização das análises. O combustível foi fornecido por uma empresa aprovada, sediada em Setúbal, e transportado também por uma empresa e uma cisterna de transporte aprovadas, Ref. AV-44061. Não foi encontrada nenhuma evidência de contaminação, o combustível estava dentro dos padrões estabelecidos, sem resíduos.

De acordo com o relatório de uma empresa externa aprovada para análise de combustíveis aeronáuticos, datado de 14 NOV 2017, o combustível presente nos tanques da aeronave estava dentro das especificações e dos parâmetros analisados, não havendo evidência de adulteração ou contaminação do produto.

In addition to the analysis of the fuel contained in the aircraft tanks at the time of the accident, the investigation searched further evidence of some form of fuel contamination supplied to the aircraft in the four days prior to the aircraft's accident.

All LPCS fuel supplies were made by the AT-02 tank truck, which was taken out of service until the analysis was completed. The fuel was supplied by an approved company, based at Setúbal, and was transported by other approved company using a tank truck, ref. AV-44061.

No evidence of fuel contamination was found, and the fuel was within established standards, with no residues.

As per an external approved company report, dated of 2017 NOV 14, the fuel in the aircraft fuel tanks was within the specifications and parameters analysed, and there was no evidence of fuel adulteration or contamination.

1.16.3. Ensaios e pesquisa ao carburador || Carburettor analysis and research

Seguindo o princípio básico de funcionamento de um motor que trabalha segundo o ciclo de Otto¹⁴, é essencial garantir o ar, combustível e a ignição; o carburador foi identificado como uma peça vital para a análise da falha.

Após todas as peças internas terem sido desmontadas e realizada uma inspeção mais detalhada, a investigação procurou algum desgaste ou falha nos componentes, verificou o controlo de nível da cuba, flutuação adequada e se estava assegurado o livre movimento das peças móveis constituintes.

Neste ponto, a investigação suspeitou de danos no eixo da boia e arranhões na sede da válvula

Following the basic operating principle of an engine that runs following Otto's¹⁴ cycle, it is essential to ensure air, fuel and ignition; the carburettor was identified as a vital piece for the fault analysis.

After all internal parts disassembled and a detailed inspection performed, the investigation looked for some wear or breakage on the components, verified the proper float level, proper float buoyancy and free movement of the parts.

At this point, the investigation suspected on damage to the shaft of the float and scratches

¹⁴ Ciclo termodinâmico teórico que descreve o funcionamento de motor a pistão típico de ignição assistida || Theoretical thermodynamic cycle that describes the typical spark ignition piston engine functioning

que controla o nível da cuba que, em certas posições da válvula, limitam o livre movimento da mesma, podendo ter causado uma eventual falha no fornecimento de combustível para a cuba.

on the valve seat which controls the level of the bowl that, in certain positions of the valve, limits its free movement, which may have caused a possible failure on the fuel supply to the bowl.

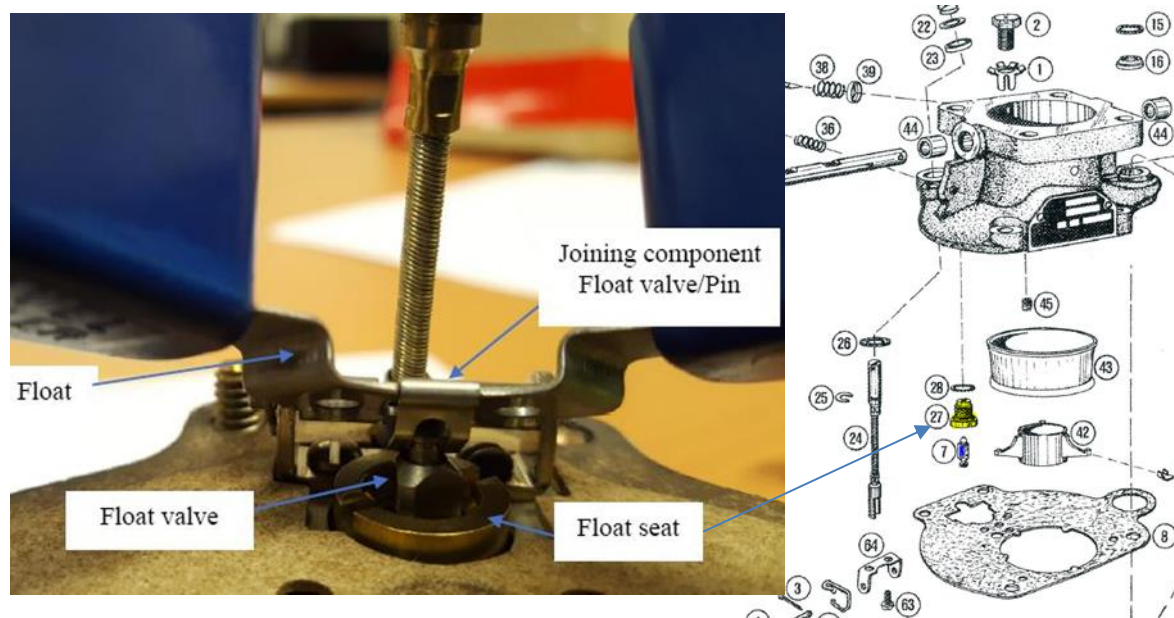


Figura 14 || Figure 14
Mecanismo de nível constante na cuba || Bowl constant level mechanism

O GPIAAF solicitou então ao IDMEC – Instituto Superior Técnico, um estudo detalhado e análise do mecanismo de flutuação deste carburador, itens identificados na figura 14.

The GPIAAF then requested to IDMEC – *Instituto Superior Técnico*, a detailed study/analysis of the carburettor and the float mechanism as well on the items identified on picture 14.

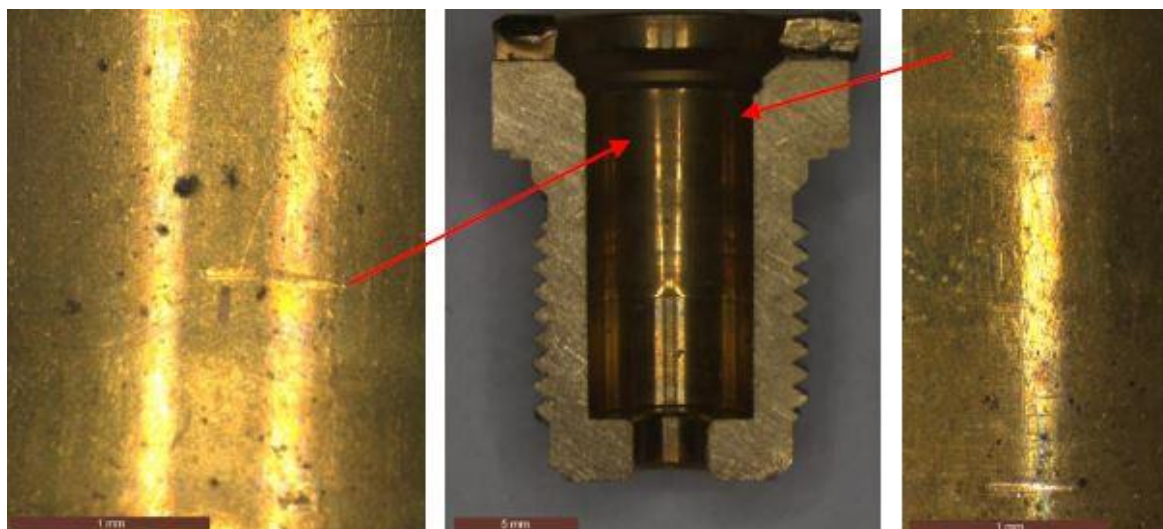


Figura 15 || Figure 15
Superfícies de contacto entre a válvula de flutuação e a sede da válvula de flutuação || Contact surfaces between the float valve and the float seat

Durante as análises efetuadas às superfícies de contacto entre a válvula de flutuação e a sede da válvula de flutuação, confirmou-se a presença de um desgaste provocado pelo contacto das arestas da válvula de flutuação com o interior da sede da válvula de flutuação. Marcas mais profundas visualizadas na superfície da sede da válvula de flutuação podem evidenciar um desgaste adicional não justificável pelo correto deslizamento entre as duas superfícies. O estudo completo realizado pelo IDMEC-IST pode ser consultado no capítulo 5.

The observations made on the contact surfaces between the float valve and the float seat, confirm the presence of wear caused by the contact of the edges of the float valve with the interior of the float seat.

Deeper marks observed on the surface of the float seat may indicate additional wear not justifiable by the correct slip between the two surfaces. The complete study made by IDMEC-IST can be found on chapter 5.

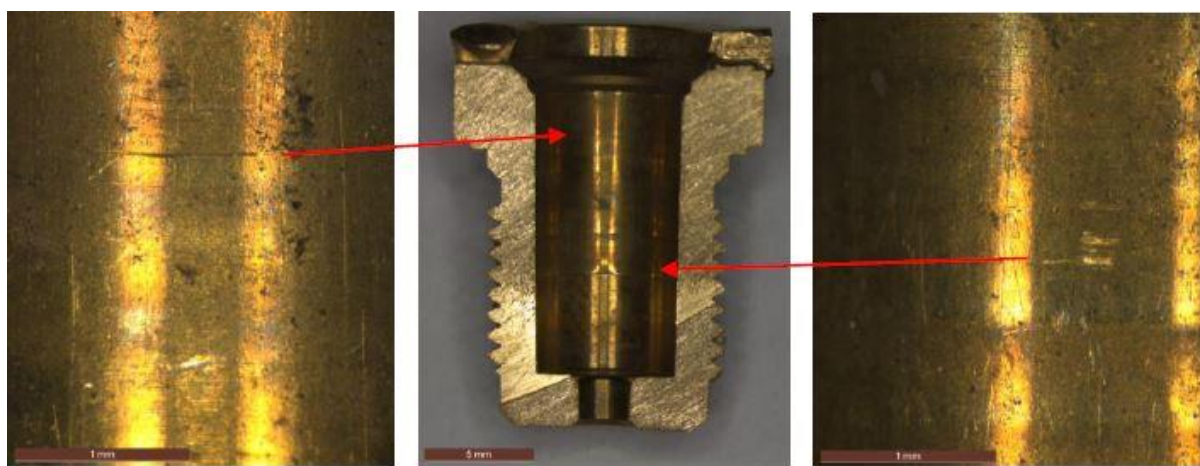


Figura 16 || Figure 16

Marcas mais profundas visualizadas na superfície da sede da válvula de flutuação || Deeper marks observed on the float seat surface

1.16.4. Voos de recolha de dados || Flight data gathering

A investigação efetuou três voos de recolha de dados, com uma aeronave semelhante e em condições atmosféricas também muito semelhantes, partindo sempre do ponto estimado da falha de motor.

O primeiro voo tinha por objetivo o regresso a LPCS para aterragem, mostrando-se impossível atingir o objetivo, pela velocidade e direção do vento com a consequente maior razão de descida após volta de 180° na direção da pista.

No segundo voo, tendo como objetivo a escolha de um local apropriado próximo do local da falha do motor, tal mostrou-se possível; a investigação visualizou alguns pontos possíveis, onde eventualmente uma aterragem de emergência poderia ser realizada.

The investigation carried out three data collection flights, with a similar aircraft and in very similar atmospheric conditions, always starting from the point of the estimated engine failure.

The first flight was intended to return to LPCS for landing, showing that it was impossible to reach the target, by the speed and direction of the wind with the consequent greater rate of descent after an 180° return towards the runway.

On the second flight, aiming to select an appropriate location near the engine failure site, proved to be feasible; the investigation visualised a few possible points where an emergency landing could have been carried out.

No terceiro voo, foi seguida a opção tomada pelo piloto instrutor (PIC) de voar em frente atravessando o rio, e mostrou-se viável ao nível operacional, tendo o vento de cauda empurrado a aeronave, sem problemas no cruzamento do Rio Tejo, onde foram visualizadas pelo menos três possíveis opções para uma eventual aterragem de emergência.

On the third flight, testing the option taken by the instructor pilot (PIC) of flying straight ahead crossing the river, it proved to be feasible at the operational level, with the tailwind pushing the aircraft to cross the Tejo River, without problems during crossing and at least three options were visualized for an eventual emergency landing.

1.17. Informação sobre organização e gestão || Organizational and management information

Fundada em 1979, sob o nome de EAA, Escola de Aviação Aerocondor, por acordo comercial mudou de nome em 2013 para GAir que, à data do acidente, era uma escola de treino e formação aeronáutica certificada.

Entretanto, já em 2018 a GAir foi adquirida pela L3, Commercial Training Solutions (L3 CTS) com sede em Crawley, na Inglaterra.

Ao longo dos anos a ATO foi-se adaptando às necessidades do mercado com uma estratégia de crescimento, incrementando significativamente a sua oferta, traduzindo-se num aumento de cerca de 50% em horas voadas em apenas 3 anos.

Founded in 1979, under the name of EAA, Escola de Aviação Aerocondor, after a commercial agreement it changed the name to GAir that was, at the time of the accident, a certified aeronautical training organization.

Meanwhile, in 2018, GAir was acquired by L3, Commercial Training Solutions (L3 CTS) based in Crawley, England.

Over the years, the ATO adapted its organization to the market, with a growth strategy, significantly increasing its offer, translating into a significant increase in hours flown (about 50% increase) in just 3 years.

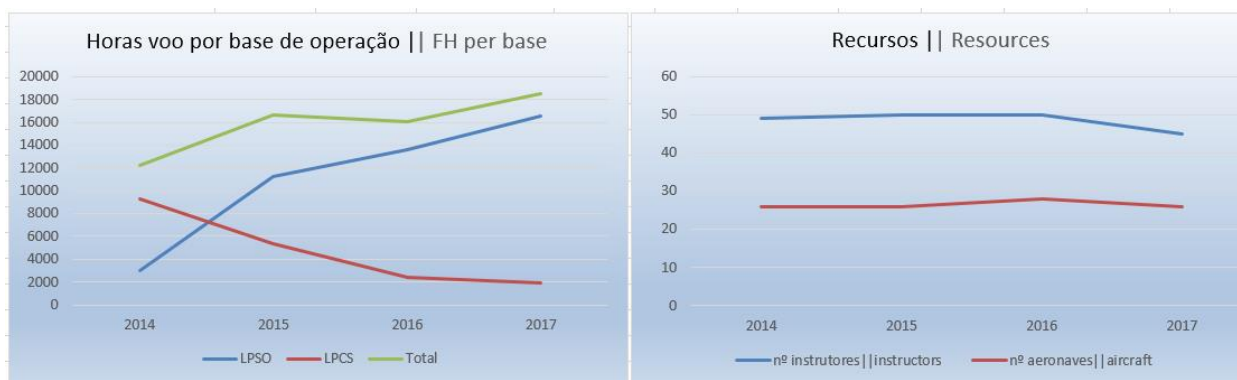


Figura 17 || Figure 17
Operação GAir 2014-2017 || 2014-2017 GAir operation

A aeronave acidentada, o Cessna 152 CS-AVA, foi alugado pela GAir ao seu proprietário, o Aeroclube de Torres Vedras, e colocado no manual da escola por forma a ser utilizado na atividade de instrução.

The crashed aircraft, a Cessna 152 CS-AVA, was rented by GAir to its owner, Aeroclube de Torres Vedras, and placed in the school manual for instructional activities.

A aeronave estava ao serviço da GAir desde 17 SET 2014 e já tinha realizado nesse mesmo dia duas missões anteriores, uma delas com o mesmo piloto instrutor, onde nenhuma anomalia foi reportada. Depois disso, um voo solo programado foi cancelado, devido às condições de ventos fortes, antecipando assim o voo no qual ocorreu o acidente.

Com a natural evolução das organizações, complexidade da operação e dando cumprimento à legislação europeia, as ATOs seguem o estipulado na PART ORA ATO¹⁵ onde obrigatoriamente têm de demonstrar os seus procedimentos em um manual ou combinação de vários manuais contendo o OMM (*Organization's Management Manual*), o TRM (*Training Manual*) e o OM (*Operations Manual*).

Regra geral as ATOs detalham a sua operação a partir do OM, num manual ESOP (*Extended Standard Operations Procedures*) onde são descritos os procedimentos operacionais de cada modelo de aeronave e transcritos os *check-lists* contidos no POH (*Pilot Operating Handbook*) dessas aeronaves.

A GAir usava um checklist do ESOP referente ao modelo da aeronave C152 com diferenças significativas ao nível dos procedimentos de emergência em relação ao estabelecido pelo fabricante no POH e aceite pela ANAC.

Apesar do POH da aeronave e o ATO SOP preverem o procedimento de drenagem de combustível, verificou-se que a lista de verificação (*check-list*) do Cessna 152 da ATO refere apenas o procedimento de drenagem de combustível como - "a ser realizada no primeiro voo do dia". Devido a isso, o aluno piloto não realizou o dreno de combustível que deveria ser feito após cada reabastecimento, conforme estabelecido nos procedimentos. O aluno apenas tinha conhecimento e seguiu o que estava escrito na lista de verificação da ATO.

Na sequência desta e de outras irregularidades, sem contribuição para o acidente e depois de analisado o sistema de gestão da ATO durante a investigação, o GPIAAF sugeriu alterações ao operador, tendo estas sido aceites e evidenciada a sua implementação nos manuais da

The aircraft had been in GAir service since 2014 SET 17 and had already performed two previous flights on that same day, one with the same instructor pilot, where no anomaly was reported. After that, a scheduled solo flight was cancelled due to strong winds, thus anticipating the flight in which the accident occurred.

With the natural evolution of organizations, operation complexity and the necessary European legislation compliance, ATOs follow the provisions of PART ORA ATO¹⁵ where they must demonstrate their procedures in a manual or combination of manuals containing the Organization's Management Manual (OMM), TRM (Training Manual) and OM (Operations Manual).

Generally, ATOs detail their operation from the OM in an Extended Standard Operations Procedures (ESOP) manual describing the operational procedures of each aircraft model and transcribing the check lists contained in the Pilot Operating Handbook (POH) of these aircraft.

GAir used an ESOP checklist for the C152 aircraft model with significant differences in emergency procedures compared to those established by the manufacturer in the POH and accepted by ANAC.

Although the aircraft POH and the ATO SOP predicted the fuel drainage procedure, it was found that the ATO Cessna 152 check-list only refers to the fuel drainage procedure as - "to be performed in the first flight of the day". Because of that, the student pilot did not perform the fuel drain that was to be performed after each refuelling, and as established in the procedures. The student pilot was aware of and followed what was written on the ATO checklist.

Following this and other findings, without contribution to the accident and after assessing the ATO management system during the current investigation, GPIAAF suggested some changes to the operator which were accepted and their

¹⁵ Part ORA ATO – Requisitos organizacionais para tripulação, sub-part ATO || Organization Requirements for Aircrew, ATO subpart

organização.

O departamento de treino não evidenciou análise de risco para a rota Túnel Sul na terminal de Lisboa, ou quaisquer detalhes sobre ações de mitigação para o voo sobre a água.

implementation evidenced on the manuals.

The training department did not demonstrate the necessary risk assessment to the Southern Tunnel route at the Lisbon terminal, nor detailed mitigation actions for overwater flights.

1.18. Informação adicional || Additional information

Não aplicável.

Not applicable.

1.19. Técnicas de investigação úteis ou eficazes || Useful or effective investigation techniques

Os métodos seguidos na análise da falha foram a observação visual e microscopia ótica das superfícies e identificação das zonas a serem observadas em detalhe por microscopia eletrónica de varrimento (MEV). A identificação dos materiais dos componentes críticos identificados do carburador através da análise da composição química por técnica de espectrometria de raios X e caracterização dos possíveis danos.

Na fase inicial da investigação foram efetuados voos de recolha de dados conforme descrito em 1.16.4.

The used methods were the visual and optical microscope observation of the surfaces and identification of the zones to be observed by the scanning electron microscopy (SEM). Component materials identification by chemical composition analysis using the X-ray spectrometry technique and characterise the possible carburettor damaged components.

During the initial investigation phase, the team performed flights for data gathering as described on 1.16.4.

2. ANÁLISE || ANALYSIS

2.1. Generalidades || General

A segurança de um voo depende de muitos fatores incluindo, entre outros, a aeronavegabilidade da aeronave, a extensão do planeamento de voo realizado, a experiência do piloto, as condições climáticas presentes e as decisões tomadas pelo piloto durante o próprio voo. Para determinar as causas e fatores contributivos mais prováveis, a investigação examinou cada etapa do voo para avaliar elementos precursores do acidente.

O piloto instrutor (PIC) tem experiência relevante na operação de aeronaves de aviação geral, em ambiente de instrução, onde o voo planeado, nas condições prevalentes no dia, estava dentro das suas capacidades e experiência.

Após ficar ciente da falha do motor, o piloto instrutor instruiu o aluno a: “voar em frente” e manteve-se focado nas tentativas de dar partida ao motor.

The safety of a flight depends on many factors including, but not limited to, the airworthiness of the aircraft, the extent of the flight planning carried out, the experience of the pilot, the weather conditions experienced and the decisions made by the pilot during the flight itself. To determine the most probable causes and contributory factors, the investigation examined each stage of the flight to see if any precursors to the accident were present.

The instructor pilot (PIC) is experienced in the operation of instructional general aviation aircraft, and the planned flight was within his capabilities and experience for the prevailing meteorological conditions of the day.

After the IFSD, the instructor pilot instructed the student pilot to "fly straight forward" and remained focused attempting to start the engine.

2.2. Operações de voo || Flight operations

2.2.1. Procedimentos operacionais || Operational procedures

O piloto instrutor afirmou ter decidido voar em frente, pois no procedimento da falha do motor, que afirmou ter de memória, deveria escolher um lugar que estivesse dentro do ângulo de 30° para cada lado da rota.

No entanto, esse procedimento é previsto para as falhas após a decolagem, onde se deve procurar um lugar para aterrar dentro dessa margem que compreende 60°, sendo 30° para cada lado (D/E). No caso de falha em voo cruzeiro, essa regra não é aplicável, não existindo angulação pré-definida para se procurar um lugar para aterrar em emergência.

O piloto instrutor (PIC) e o aluno piloto declararam que não usaram a lista de verificação de emergência, porque consideraram sabê-las

The instructor pilot commented that he had set out to fly ahead, because in the procedure of engine failure, that he claimed to have by memory, he should choose a place that is within the angle of 30° for each side of the route.

This procedure is only applicable for engine failures after takeoff, where the PIC must look for a place to land within the range comprising 60°, being 30° for each side (L/R). In a cruise flight phase, this rule is not valid, and there is no pre-defined angulation to search for an emergency landing site.

The instructor pilot (PIC) and the student pilot stated in their interviews, that they did not use the emergency checklist because they

de memória. Realizaram os procedimentos de emergência da falha de memória, sem consultar a lista de verificação da emergência, ATO ESOP, JUL 2017 – Lista de verificação de falhas do motor.

Ambos declararam também não se lembrarem onde/quando foi feita a troca de comando. Nem o piloto instrutor (PIC), nem o aluno piloto conseguiram confirmar a altitude correta em que a falha ocorreu, quem era o PF e o PM naquela fase do voo. O piloto instrutor (PIC) declarou que “instruiu” o aluno piloto a voar em frente, enquanto ele próprio tentava dar partida ao motor.

Com a decisão aeronáutica tomada (ADM)¹⁶, o piloto instrutor (PIC) nesse momento passou a ser o PM e o aluno piloto assumiu como piloto a voar - PF. Esta decisão fez com que o PIC/PM perdesse a sua percepção situacional¹⁷, ao manter a cabeça baixa, tentando solucionar o problema no motor.

Quando a aeronave atingiu os 500 pés, o PIC/PM percebeu que não conseguiria dar partida ao motor, restando pouco tempo (cerca de 30 segundos atendendo à configuração de flaps estimada) para decidir onde pousar a aeronave. De acordo com uma testemunha, a tentativa de colocar o motor em marcha foi realizada até quase o momento da perda de controle (LOC-I).

considered to know it by memory. They performed the emergency failure procedures by memory, without consulting the emergency checklist ATO ESOP 2017 JUL – checklist for Engine Failures.

Both also stated that they did not remember where/when the change of command was made. Neither the instructor pilot (PIC) nor the student pilot were able to confirm the correct altitude at which the failure occurred, who was the PF and the PM at that moment of the flight. The instructor pilot (PIC) stated that he “ordered” the student pilot to fly ahead as he himself kept trying to start the engine.

With this aeronautical decision making (ADM)¹⁶, at that moment, the instructor pilot (PIC) became the PM and the student pilot assumed the PF position. This decision led to the PIC/PM’s loss his situational awareness¹⁷, keeping his head down, trying to solve the engine problem.

Only when the aircraft reached around 500ft, the PIC/PM realised that he could not start the engine, leaving only a short time (about 30 seconds taking in account the estimated flap configuration) to decide where to land the aircraft. According one witness, the attempt to start the engine was made almost until the aircraft loss of control (LOC-I).

2.2.2. “Voar, navegar, comunicar” || “Aviate, navigate, communicate”

Dados de acidentes do NTSB sugerem que os pilotos, enquanto distraídos por tarefas menos essenciais, perdem o controle da aeronave, levando a acidentes. À luz disto, os pilotos desde o início da sua formação são lembrados para manter o controle da aeronave em todos os momentos. Isto pode significar um atraso na resposta às comunicações ATC, ou não resposta até garantir o controle efetivo da aeronave. O piloto tem de voar o avião primeiro!

Desde os primeiros dias de formação em voo, é ensinado aos pilotos um importante conjunto de

The NTSB accident data suggest that pilots, while distracted by less essential tasks, lose control of their aircraft and crash. In light of this, pilots since the early training days are reminded to maintain the aircraft control at all times. This may mean a delay in ATC responding or not responding at all unless positive aircraft control is assured. The pilot must fly the aircraft first!

From the first days of flight training, pilots are taught an important set of priorities that should

¹⁶ Abordagem sistemática ao processo mental de avaliação de um determinado conjunto de circunstâncias e determinação do melhor curso de ação || Systematic approach to the mental process of evaluating a given set of circumstances and determining the best course of action

¹⁷ Imagem mental da inter-relação existente de localização, condições de voo, configuração e estado de energia da aeronave, bem como quaisquer outros fatores que possam vir a afetar a segurança || Having a mental picture of the existing inter-relationship of location, flight conditions, configuration and energy state of the aircraft as well as any other factors that could be about to affect its safety (source:skybrary)

prioridades que devem ser seguidas durante toda a carreira de aviação: “voar o avião, navegar e comunicar”.

A principal prioridade – sempre – é voar o avião. Isso significa voar o avião usando os controles de voo e os instrumentos de voo para direcionar a atitude, a velocidade e a altitude do avião. Os instrumentos diretamente em frente ao piloto fornecem informações importantes sobre o desempenho do piloto em relação ao controle primário da aeronave.

Concluindo as principais prioridades, o piloto deverá perceber onde está e para onde está a voar (navegar) e, quando apropriado, falar com o ATC ou alguém fora do avião (comunicar). Parece simples de seguir, mas é fácil de esquecer quando o piloto fica ocupado ou distraído no cockpit.

be followed through their entire flying career: “Aviate, navigate and communicate”.

The top priority — *always* — is to aviate. That means fly the airplane by using the flight controls and flight instruments to direct the airplane’s attitude, airspeed and altitude. The instruments directly in front of the pilot provide important information on how well the pilot is doing with respect to the basic aircraft control.

Completing the top priorities, the pilot must figure out where he is and where he is going to (Navigate), and, as appropriate, talk to the ATC or someone outside the airplane (Communicate). It seems simple to follow, but it’s easy to forget when the pilot gets busy or distracted in the cockpit.

2.2.3. Voo sobre a água || Over water flights

O Regulamento (UE) 965/2012, Anexo VII Part-NCO, indica que os pilotos-comandante devem realizar uma avaliação de risco ao voo sobre a água.

Conforme o mesmo regulamento, para aviões terrestres monomotor, considera-se operações sobre água quando:

- (i) em voo sobre a água além da distância de planeio até terra, ou
- (ii) descolam ou aterram num aeródromo ou local de operação, cuja trajetória de descolagem ou de aproximação esteja disposta sobre a água, de tal forma que, no parecer do piloto-comandante (PIC), exista uma probabilidade de amargem forçada.

A investigação entende que a ATO, enquanto entidade responsável pela operação, deve ela própria realizar uma avaliação de risco das rotas utilizadas na sua operação, a qual suporte as decisões dos pilotos-comandante em situação de emergência.

A escola não possui um plano de avaliação de risco da operação a partir de Cascais.

A ATO no ESOP (JUL/2017) estabelece procedimentos e refere a importância da

Regulation (EU) 95/2012, Annex VII Part-NCO, indicates that the pilots in command should perform a risk assessment for flight over water.

According to the same regulation, for single-engine landplanes, it is considered a flight over water when:

- (i) flying over water beyond gliding distance from land, or
- (ii) take-off or approach path is arranged over the water in such a way that, in the opinion of the pilot in command (PIC), there is a likelihood of forced ditching.

The investigation considers that the ATO, while entity responsible of the operation, should itself perform a risk assessment of the routes used in its operation, supporting the PICs decisions in case of an emergency.

The ATO does not have a risk assessment plan for routes operating from Cascais.

The ATO in the ESOP (2017/JUL) establishes procedures and comments the importance of

operação de amargem (*Ditching*):

“3.5. Amargem:

É importante sublinhar que o abandono bem-sucedido e a sobrevivência dependem do conhecimento da tripulação sobre a aeronave e seus equipamentos e sobre a capacidade de desempenhar suas funções de forma calma e eficiente.

Para adquirir a competência necessária, autoconfiança e disciplina, os instrutores de voo devem ser regularmente treinados na operação de todos os equipamentos normais e de emergência a serem usados em caso de amargem.”

Quanto ao uso de coletes, e conforme o mesmo regulamento, estes devem ser usados ou armazenados numa posição que seja facilmente acessível a partir do assento da pessoa para quem é fornecido.

Logo após o acidente, o departamento de treino da ATO publicou um aviso normativo interno para todos os membros da escola, enfatizando a importância de cumprir todos os procedimentos publicados, principalmente o uso do colete salva-vidas para todos os envolvidos na operação.

Não foi recebido da ATO, qualquer documento que comprovasse que tinha sido realizado, pelos instrutores da escola o treino para adquirir competências na manobra de amargem.

Não foi portanto demonstrado que o piloto instrutor tenha participado no treino de amargem de emergência.

Para aviões de asa fixa, poderá ser feita a amargem, em caso de um fogo crescente a bordo e/ou não ser possível chegar a uma pista, ou não ter expectativa de aproximação para uma tentativa de aterragem forçada fora de pista. Mesmo que o estado do mar seja calmo, há uma forte possibilidade de que uma pequena aeronave não permaneça na posição vertical e/ou afundará rapidamente.

A não existência a bordo de dispositivos de flutuação, associado à falta de treino da tripulação na manobra, poderá ter levado a que a opção de amargar o avião não tenha sido considerada.

the operation of ditching:

“3.5. Ditching:

It is important to emphasize that a successful ditching and subsequent survival, depends on the knowledge of the crew about the aircraft and its equipment and on the ability to perform their duties in a calm and efficient manner.

To acquire the necessary competence, self-confidence and discipline, the flight instructors shall be regularly trained in the operation of all normal and emergency equipment to be used in case of ditching.”

As mentioned above, the life vests shall be worn or stowed in a position that are readily accessible from the seat or berth of the person for whose use it is provided.

Soon after the accident, the ATO training department published an internal normative notice, advising all crew members, the importance to fully comply with all the published procedures, mainly the use of life jackets for everyone involved in the operation.

No document was received from the ATO attesting that the training to acquire ditching competence had been performed by ATO instructors.

It was not demonstrated that the instructor pilot had participated in any training for such a ditching emergency procedure.

For fixed wing aircrafts, the ditching may be an option during an on-board growing fire and/or if it is not possible to reach a runway, or the situation does not favour or even allow an attempt at an off-airport forced landing. Even if the sea state is slight, there is a strong possibility that a small aircraft will fail to remain upright and/or will sink rapidly.

The lack of on board flotation devices, associated to the lack of crew training in the manoeuvre, may have contributed to the crew not considering the ditching option.

2.2.4. Qualificações do instrutor || Instructor qualifications

Apesar das horas de voo e experiência do instrutor, para a investigação ficou clara a existência de falhas na formação aeronáutica do piloto instrutor no seguimento de procedimentos e atualização de práticas e métodos de ensino.

A ATO não demonstrou o seguimento e conveniente estandardização da instrução, deixando muitos aspetos e procedimentos *standard* ao livre arbítrio dos instrutores.

A operação da GAir em Cascais, à data do evento, sofria de uma descontinuidade e falta de acompanhamento da estrutura de suporte que esteve na base da certificação da ATO.

Os dados estatísticos da escola revelam um aumento significativo da operação, associado a uma diminuição do número de instrutores de voo, agravada por uma rotação elevada dos mesmos.

Dado o referido crescimento do operador, as constantes e necessárias alterações na estrutura e procedimentos, será eventualmente insuficiente o acompanhamento pelo regulador (ANAC) através de apenas uma auditoria anual.

Despite the flight hours and experience of the instructor, it was clear, to the investigation, the existence of some gaps in the instructor pilot aeronautical training in following procedures and updating practices and teaching methods.

The ATO did not demonstrate adequate follow-up and convenient standardization of instruction, leaving many aspects and standard procedures at the discretion of the instructors.

The GAir operation at Cascais, at the time of the event, suffered from a discontinuity and lack of follow-up of the support structure that was in the basis of the ATO certification.

The school statistics show a significant increase in the operation, associated with a decrease in the number of flight instructors, with a serious turnover ratio.

Given the aforementioned growth of the operator, the constant and necessary changes in the structure and procedures, the regulator (ANAC) oversight, with only one annual audit, is probably, insufficient.

2.3. Sistemas da aeronave || Aircraft Systems

2.3.1. Carburador || Carburettor

Falhas de potência estão no topo das causas que podem vir a provocar acidentes em voos de instrução. Segundo os dados de 2015 do NTSB, foram identificados 24 acidentes, 2 dos quais fatais, tendo por base a falha de um sistema relacionado com motor. Já sobre as causas da paragem do motor, frequentemente estas ficam indeterminadas.

Engine power failures are at the top of the causes that can lead to an instructional flight crash. According to the NTSB 2015 data, 24 accidents were identified, 2 of them were fatal, based on failure of an engine-related system.

However, the engine shutdown causes often remain undetermined.

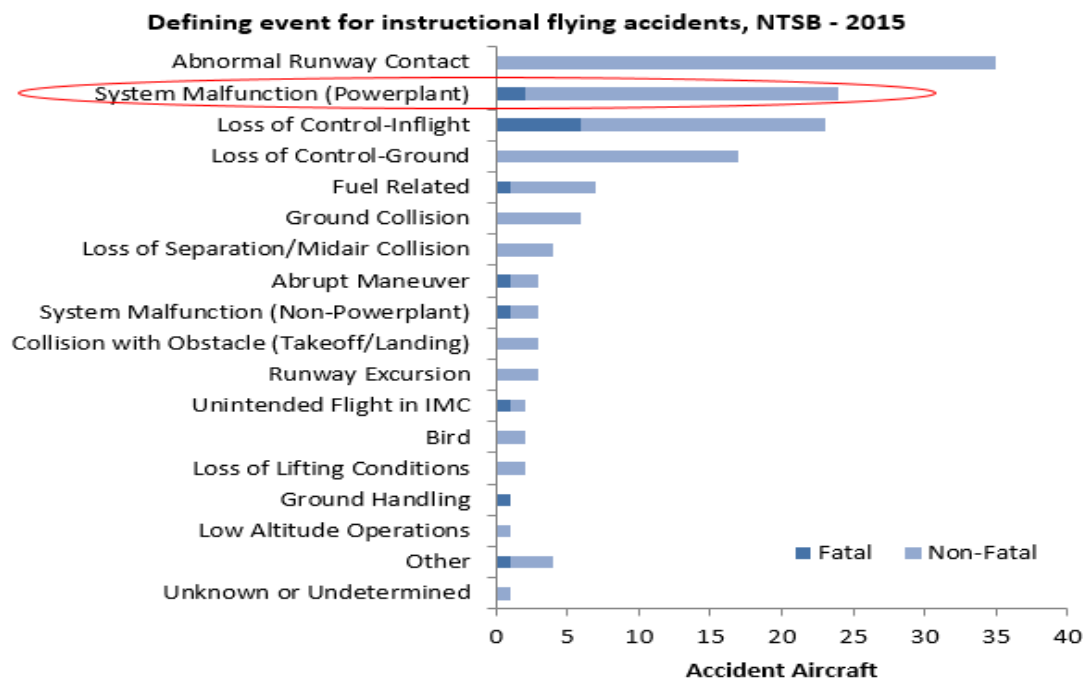


Figura 18 || Figure 18

Dados do NTSB dos acidentes de 2015: causa primária dos acidentes em voos de instrução || Defining event for instructional flying accidents, NTSB - 2015

Fará certamente sentido verificar os motivos pelos quais estes acidentes ocorrem. A nível global, e não limitando a amostra à instrução, o padrão repete-se, tendo a perda de controlo, mais uma vez, a liderar a lista, mas observe-se o número de acidentes causados pela falha de motor. Fonte: General Aviation Trends In 12 Charts - John Zimmerman – Air Facts Journal.

It will certainly make sense to check the reasons why these accidents occur. Not limiting the sample to the instructional flights, the story repeats itself, having again the loss of control to lead the list, but note the number of accidents caused by engine failure. Source: General Aviation Trends In 12 Charts - John Zimmerman – Air Facts Journal.

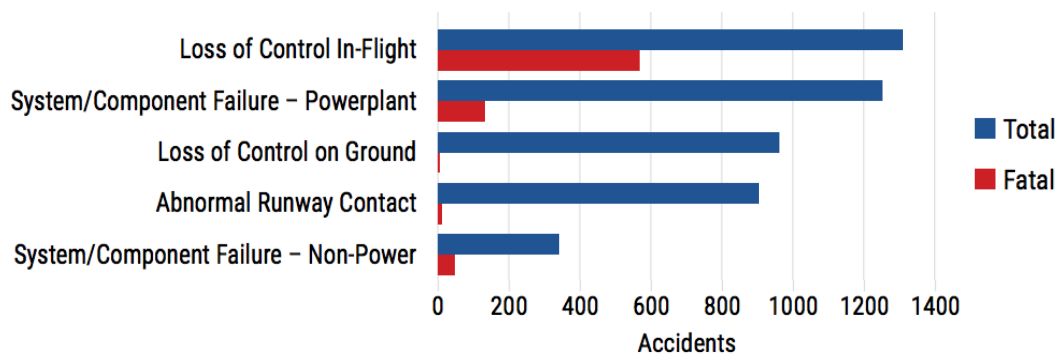


Figura 19 || Figure 19

As 5 categorias principais de ocorrências de aviação geral || Top five general aviation accident occurrence categories (2011-2015)

Esta foi a motivação da investigação para ir mais além na busca da causa da falha do motor deste acidente.

This was the motivation for the investigation to go further in the search for the engine failure root cause on this accident.

Sendo o carburador a peça chave, a análise do motivo pela qual o nível de combustível da cuba

Since the carburettor is a key element, the analysis of why the fuel level on the bowl was

não foi mantido merecia uma explicação.

Depois de recolhidos e analisados os dados do estudo detalhado ao carburador, ficou evidente a necessidade de análise da causa dos danos identificados na sede da válvula de nível da cuba.

Considerados os processos de fabrico da peça, montagem dos subconjuntos e normal desgaste da operação, a caracterização do dano levou a incidir sobre o processo de montagem.

Na consulta do manual e procedimentos de revisão geral do carburador, foi verificado o processo de substituição da sede da válvula, e constatado que a ferramenta especial (*float valve seat removal/installation*), de montagem da mesma, pode ter estado na origem dos danos identificados, conforme exemplificado na figura 20.

O carburador em questão realizou a sua última revisão geral em abril de 2015 pelo próprio fabricante (Marvel - Schebler Aircraft Carburetors, LLC).

O processo de montagem poderá então ter alterado o estado da superfície das partes, logo o seu normal funcionamento, provocando um eventual bloqueio da válvula de flutuação na sede da mesma aquando do movimento anormal da válvula no instante em que a aeronave sofreu a ascendente violenta.

not maintained, for sure deserved an explanation.

After collecting and analysing the detailed carburettor study data, the need to analyse the cause of the identified damage on the float valve seat became evident.

Considering the part manufacturing processes, assembly and the normal tear and wear operation, the damage assessment led the investigation to focus on the assembly process.

Reading the carburettor overhaul manual and procedures, the float valve seat replacing process was checked, and it was found that the special tool (*float valve seat removal/installation*), that allows the seat assembly, may have caused the damage, as exemplified in the figure 20.

The carburettor in question held its last overhaul in April 2015 by the manufacturer itself (Marvel - Schebler Aircraft Carburetors, LLC).

The assembly process may have changed the surface condition of the seat, affecting the normal operation of the assembly, causing an eventual locking of the flotation valve in the seat, triggered during the abnormal updraft aircraft movement.

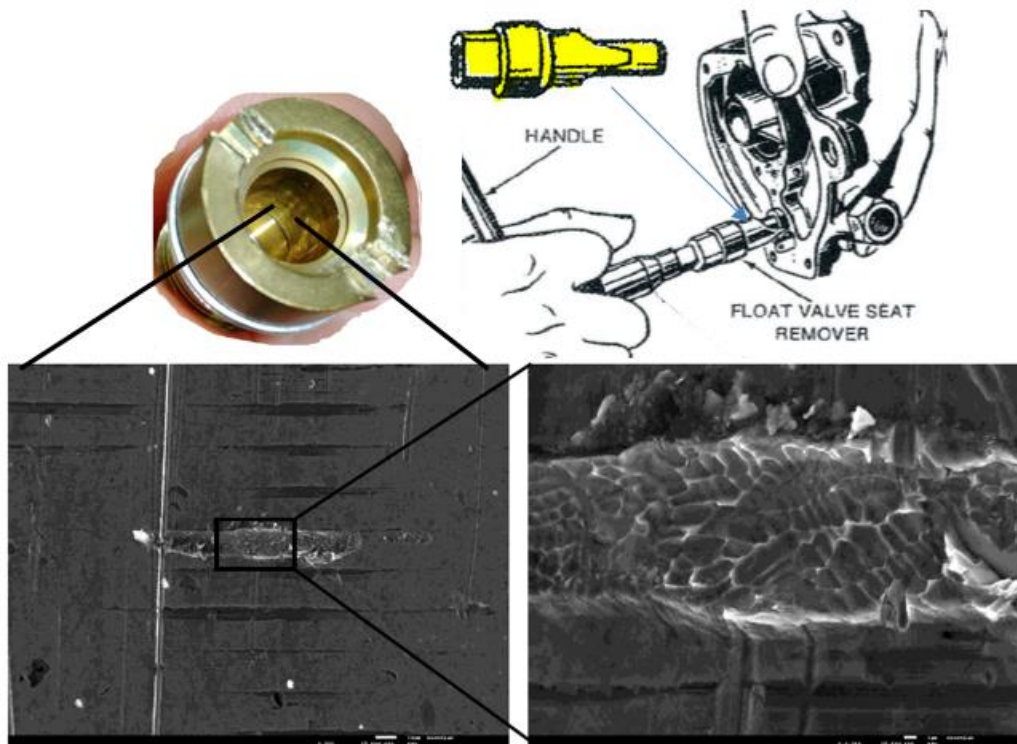


Figura 20 || Figure 20

Sede da válvula eventualmente danificada pela ferramenta no momento da montagem || Float seat valve eventually damage by the tool

Não estavam disponíveis evidências suficientes para determinar a extensão dos factos apurados relativamente à repetibilidade da anomalia em carburadores semelhantes. Não foi também possível avaliar a ferramenta especificamente usada na montagem deste carburador quanto a danos ou dureza do material.

Para evitar este tipo de problema, é comum recorrer ao uso de ferramentas manufaturadas em materiais macios (ex. o politetrafluoretileno ou PTFE, conhecido comercialmente como teflon®) em sistemas de aeronaves/motores semelhantes em que há a necessidade de inserção da ferramenta na peça a instalar.

No entanto, os factos descritos em 1.16.3, e sustentados no relatório do IDMEC-IST anexo, mereceram, da investigação, uma classificação de anomalia de preocupação global pela possibilidade de repetibilidade a outros carburadores no seu processo de montagem ou manutenção.

Esta informação foi transmitida ao NTSB para ação junto da FAA enquanto emissor do certificado tipo do sub-conjunto superior (motor) Lycoming. Não foram recebidos

There was insufficient evidence available to determine the extent of the carburettor findings to other similar carburettors. It was not possible to evaluate the specific tool used in this specific carburettor assembly for damage or material hardness.

To avoid this type of problem, it is customary to use a tool made of a soft material (e.g. polytetrafluoroethylene or PTFE, commercially known as Teflon®) in similar aircraft/engine systems with the need to insert the tool into the part to be installed.

However, given the facts explained on 1.16.3, and based on the annexed IDMEC-IST report, the investigation classified the anomaly as global concern due to the possibility of repeatability on other carburettors in its assembly or maintenance process.

This information was shared with NTSB for action follow-up with the FAA as Lycoming engine type certificate issuer. No comments were received by the date of this report's

quaisquer comentários até à data de publicação do presente relatório. A EASA foi também envolvida na análise da condição da sede da válvula onde desenvolveu esforços no sentido de obter informações junto do fabricante, sem resultados até ao momento.

Entretanto, no decurso da fase de audição das partes, ocorreram em Portugal incidentes com aeronaves contendo carburadores similares onde o GPIAAF identificou em 3 casos existirem danos igualmente nas respetivas sedes das válvulas. Estes eventos reforçam os achados do GPIAAF e sugerem que o problema não se trata de casos isolados, tendo a informação adicional sido também transmitida ao fabricante e à EASA, sendo que este processo continuará a ter o necessário acompanhamento pelo GPIAAF.

publication. EASA was also involved in the analysis of the seat valve condition, where it has made efforts to obtain information from the manufacturer, with no results so far.

Meanwhile, during the parties' consultation period, there were incidents in Portugal with aircraft containing similar carburettors where GPIAAF identified in 3 other cases where it was found damage in the respective seat valve. These events reinforce GPIAAF findings and suggest that it is not an isolated problem. This additional information has also been transmitted to the manufacturer and EASA, and this process will continue to have the necessary follow-up by GPIAAF.

2.3.2. Melhor razão de planeio || Best glide speed and distance

Uma falha de motor não significa obrigatoriamente um acidente.

Havendo altitude/tempo disponível e garantido o princípio básico "Voar, navegar, comunicar", deve ser tentado o arranque do motor conforme previsto no *checklist* do C152. Se a partida do motor não puder ser efetuada, o piloto deve proceder a uma aterragem forçada sem potência, cumprindo os procedimentos previstos.

Seguindo o procedimento para uma aproximação na melhor razão de planeio, o piloto deve manter o avião devidamente configurado e na melhor atitude por forma a garantir a velocidade de melhor planeio.

Após uma falha do motor em voo, a melhor velocidade de planeio (60KIAS¹⁸), deve ser estabelecida o mais rápido possível.

Depois de passar a posição chave (onde é estabelecido o local de aterragem tendo em atenção o espaço disponível e a direção do vento), o piloto deve configurar e gerir o uso dos *flaps* para a aterragem, voando na aproximação final com 1,3 da velocidade de perda aerodinâmica.

An engine failure in-flight does not always mean an aircraft accident.

If altitude/time permits, and provided that the basic principle of "aviate, navigate and communicate" is accomplished, an engine restart should be attempted as shown in C152 checklist. If the engine cannot be restarted, a forced landing without power must be completed.

Following the approach procedures with best glide ratio, the pilot must keep the plane properly configured and in the best attitude in order to guarantee the best glide speed.

After an engine failure in-flight, the best glide speed (60KIAS¹⁸) should be established as quickly as possible.

After passing the key position (when the landing spot is chosen and taking in account the available stop distance and wind direction), the pilot must use the flaps to configure the airplane for landing and fly the final approach at 1.3 of stalling speed.

¹⁸ A velocidade de voo indicada da aeronave em Knots é tipicamente abreviada para KIAS "Knots + velocidade do ar indicada." || An aircraft's indicated airspeed in knots is typically abbreviated KIAS for "Knots+Indicated Air Speed"

No caso do presente acidente, durante a aproximação, após os 500/400 pés de altura, o piloto instrutor (PIC) procurou o local onde iria aterrar e assumiu o voo como PF. Durante a aproximação final para o ponto pretendido, o piloto instrutor continuou a tentar arrancar o motor e voar a aeronave. Essa decisão aeronáutica, sem gestão efetiva do voo, resultou numa perda de controlo em voo (LOC-I) tendo a aeronave superado o seu ângulo crítico de ataque e consequente perda de sustentação aerodinâmica (*stall*) a baixa altitude.

O aumento da altitude cruzeiro autorizada para a operação de aeronaves VFR que utilizam o túnel Sul foi identificado, no âmbito da investigação, como vantajoso para a segurança, deixando assim mais opções para os pilotos no caso de falha de motor durante a travessia do Tejo. Este aspeto foi objeto de uma recomendação do GPIAAF à NAV Portugal em 06 DEZ 2017.

In the present case, during the approach, after passing 500 / 400ft height, the instructor pilot (PIC) tried to find a place to land and assumed the controls as PF. During the final approach to the intended spot, the instructor pilot continued trying to start the engine and flying the aircraft. This unmanaged aeronautical decision resulted in loss of control in-flight (LOC-I) with the airplane exceeding its critical angle of attack and consequent low altitude aerodynamic stall.

In the scope of the present investigation, safety benefits were identified for VFR aircraft operation using the Southern tunnel route with an increase in the cruise altitude authorized for the area, thus leaving more options for pilots in case of engine failure during the river crossing. This led to GPIAAF issuing a Safety Recommendation to NAV Portugal on 2017 DEC 06.

2.4. Uso de Listas de verificação || Checklist usage

A adesão aos procedimentos operacionais padrão (SOPs) e o uso de listas de verificação normais, anormais e de emergência são essenciais na prevenção de acidentes nas fases de aproximação e aterragem (ALAs), incluindo os denominados voo controlado contra o terreno (CFIT).

O início atempado e a conveniente conclusão das listas de verificação é o método mais eficaz para evitar a omissão de ações ou impedir ações inadequadas.

As listas de verificação normais e de emergência melhoram a segurança de voo ao darem oportunidade para confirmar ou corrigir a configuração da aeronave. A conclusão das listas de verificação normais e de emergência é essencial para uma operação segura, particularmente durante a aproximação e aterragem em situação de emergência.

O ATO deve enfatizar, em todas as fases do treino, inicial, contínuo ou de transição para instrutores, que a disciplina no uso das listas de verificação normais, anormais ou de emergência deve ser feita, conforme estabelecido nos

Adherence to standard operating procedures (SOPs) and use of normal, abnormal and emergency checklists are essential in preventing approach-and-landing accidents (ALAs), including those involving controlled flight into terrain (CFIT).

Timely initiations and completion of the checklists is the most effective method of preventing omission of actions or preventing inappropriate action.

Normal and emergency checklists enhance flight safety by providing an opportunity to confirm or to correct the aircraft configuration. Completion of normal and emergency checklists is essential for safe operation, particularly during approach and landing in emergencies.

The ATO must emphasize at all stages of initial and transition training to instructors and students, that the discipline use of the normal/abnormal/emergency checklists should be made, as defined in the European

regulamentos europeus.

A elaboração e a utilização de listas de verificação devem observar os princípios dos fatores humanos e podem ser consultados no manual de formação em Fatores Humanos da ICAO (Doc 9683).

A investigação apurou que a informação contida nas listas de verificação não estava corretamente apresentada e que o procedimento de sequenciação das mesmas não foi cumprido pela tripulação.

regulations.

The design and utilization of checklists shall observe Human Factors principles. The principles can be found in the ICAO Human Factors Training Manual (Doc 9683).

It was clear to the investigation that the information contained in the checklists was not correctly presented and the procedure not followed by the crew.

2.5. Fatores humanos || Human factors

Os erros de tomada de decisão são provavelmente a forma de erro mais investigada, onde estes podem ser agrupados em três categorias gerais: erros de procedimento, escolhas erradas e erros de resolução de problemas. Erros de decisão processual (Orasanu, 1993), ou erros baseados em regras, conforme descrito por Rasmussen (1982), ocorrem durante tarefas estruturadas do tipo, se X, então executa Y.

A aviação, pela sua própria natureza, é altamente estruturada e, conseqüentemente, grande parte da tomada de decisão do piloto é ou deve ser, processual.

Ainda assim, os erros podem ocorrer, e geralmente ocorrem, quando uma situação não é reconhecida, ou é mal diagnosticada, e o procedimento incorreto é aplicado.

Isto é particularmente verdadeiro quando os pilotos são colocados em emergências críticas como uma falha de motor na descolagem ou a baixa altitude.

Abaixo são listados de forma simplificada os fatores individuais e organizacionais envolvidos no evento e pré-evento objeto da investigação, usando o método de análise de Fatores Humanos e sintetizado na figura 21 com recurso ao diagrama do EUROCONTROL.

Análise HFACS – Piloto Instrutor (PIC):

– Atos inseguros:

- Erros baseados em proficiência: Omissão de verificação de itens da lista / omissão de passos

Perhaps the most heavily investigated of all errors form are the decision errors, and they can be grouped into three general categories: procedure errors, poor choices and problem-solving errors. Procedural decision errors (Orasanu, 1993), or rule-based mistakes as described by Rasmussen (1982), occur during highly structured tasks of the sort, if X, then do Y.

Aviation, by its very nature, is highly structured and, consequently, much of pilot's decision-making is, or should be, procedural.

Still, errors can occur, and often occur, when a situation is not recognized, or misdiagnosed, and the wrong procedure is applied.

This is particularly true when pilots are placed in time-critical emergencies like an engine failure on takeoff or in low cruise altitude.

Below is presented a simplified list for the individual and organizational factors involved in the event and pre-event, using the Human Factors analysis method and summarized in figure 21, using the EUROCONTROL diagram.

HFACS analysis - Instructor Pilot (PIC):

– Unsafe acts:

- Skills based errors: Omitted checklist item / omitted step in procedure / failed to prioritize

do procedimento / falha em priorizar de tarefas.

- Condição do piloto instrutor: Perda de percepção situacional / atenção focada em dar partida ao motor (várias vezes).

– **Fatores pessoais:**

Excesso de confiança (habilidades mecânicas)

Falha de liderança (CRM) / tomada de decisão aeronáutica / julgamento tardio.

– **Processo de decisão:**

Falha em manter a velocidade de planeio adequada enquanto operava o avião, durante a tentativa de aterragem de emergência. O avião ultrapassou o limite do seu ângulo crítico de ataque e sofreu uma perda de controle aerodinâmico em baixa altitude (LOC-I).

– **Fatores ambientais:**

Não monitorização do ambiente situacional (condições geográficas e meteorológicas).

– **Confiança no equipamento:**

Confiança excessiva nos equipamentos (Motor).

– **Erro baseado em habilidades/memória:**

Execução da lista de verificação de memória.

Análise HFACS: ATO - Departamento de treino

– **Supervisão inadequada:**

O departamento de treino do operador não supervisionou as ações do instrutor.

Falha em fornecer formação adequada ao instrutor para efetuar a operação de amaremação como previsto no ESOP da ATO.

O departamento de treino, que é o responsável pelos SOPs, listas de verificações e supervisão das tarefas efetuadas pelos instrutores e alunos, falhou em não observar as inconsistências que existiam nas listas de verificação relacionadas a emergências.

– **Planeamento inadequado da operação:**

A ATO não possui um plano de avaliação de risco da rota, não estando de acordo com o descrito pela documentação guia da EASA (GM/AMCs).

tasks.

- Instructor Pilot Condition: Loss of situational awareness / channelized attention (start engine several times).

– **Personal factors:**

Overconfidence (mechanical skills)

Failure of leadership (CRM) / aeronautical decision making / late judgment.

– **Decision making process:**

Failure to maintain a proper glide speed while operating the airplane, during the attempt of emergency landing. The plane override the limit of its critical angle of attack and suffered a loss of aerodynamic control at low altitude (LOC-I).

– **Environmental issues:**

Not monitoring the situational environment (geographical and meteorological condition).

– **Equipment reliance:**

Excessive confidence in equipment (Engine).

– **Skill bases errors / memory failures:**

Perform the checklist by memory.

HFACS Analysis: ATO - Training Department

– **Inadequate Supervision:**

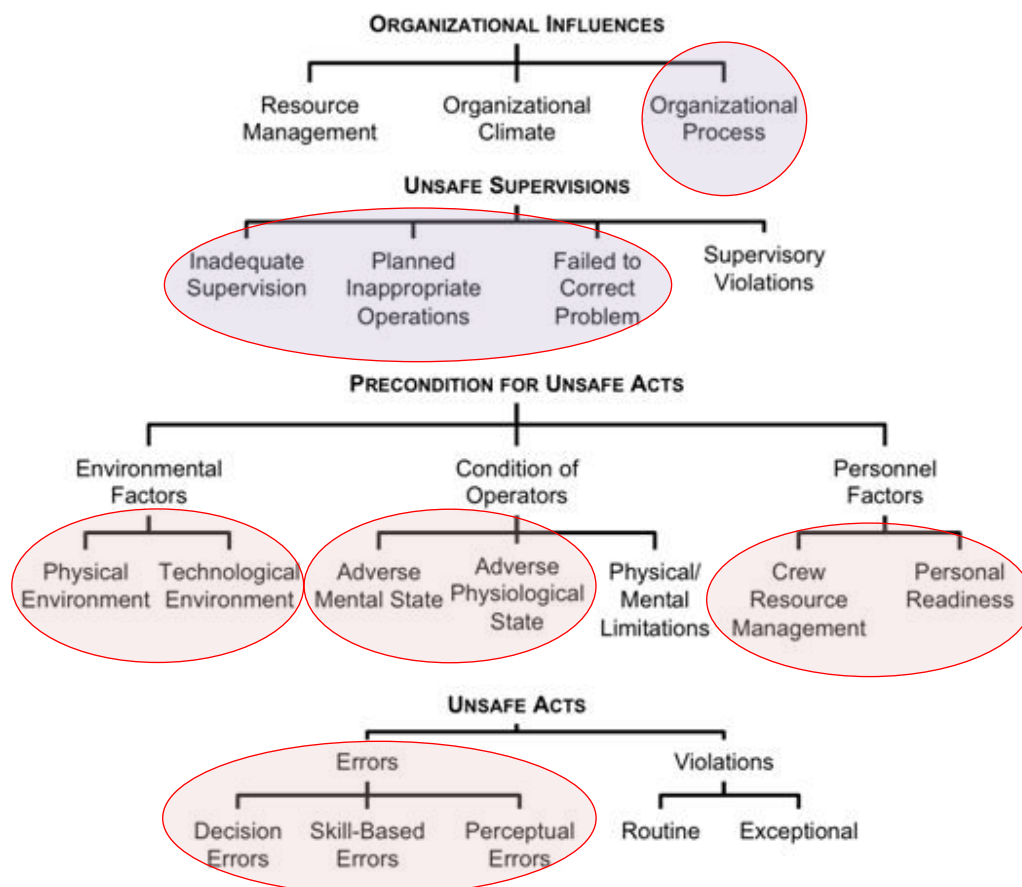
The operator training department did not supervise instructor actions.

Failure to provide training to the instructor to perform the ditching operation as provided in the ATO ESOP.

The training department, which is responsible for SOPs, checklists and supervision of tasks performed by instructors and students, failed to observe the inconsistencies that existed on the emergency checklists.

– **Planned inappropriate operations:**

The ATO does not have a risk assessment route plan and it is not in accordance with the EASA guidance material (GM/AMCs).



Source: Eurocontrol

Figura 21 || Figure 21

Taxonomia da estrutura do HFACS || The HFACS taxonomy framework

2.6. Considerações da análise || Analysis considerations

Dada a análise feita nos pontos anteriores, é importante referir alguns aspetos chave e relacionar a sequência de eventos com o estado dos equipamentos e os atos e atitudes dos tripulantes.

Dos factos apurados e da conjugação das condições atmosféricas locais com uma eventual precondição não detetável do estado da sede da válvula de controlo de nível de combustível na cuba do carburador, é provável que a válvula tenha sofrido um movimento no sentido do fecho, tendo ficado presa por atrito lateral com a sua sede. Desta forma ficou restringida a entrada de combustível na cuba e a consequente paragem do motor.

Após a falha de motor, o piloto instrutor não efetuou uma gestão apropriada da emergência, onde deveria ter seguido os procedimentos básicos de emergência, e não procurando apenas uma solução para o problema da falha

Given the above analysis, it is important to mention a few key points and relate the sequence of events to the actual equipment status and crew acts and attitudes.

From the determined facts and from the combination of local atmospheric conditions with a possible undetectable precondition of the seat valve in the constant fuel level bowl in the carburettor, it is probable that the valve has suffered a movement towards the closing position. By the lateral friction with its seat, the valve restricted the fuel supply to the bowl, stopping the engine as consequence.

After the engine failure, the instructor pilot did not properly manage the emergency, where he should have followed the basic emergency procedures, and not just looking for a solution to

do motor.

Na base da falha da gestão da emergência e na quebra de procedimentos está claramente a falta de preparação do instrutor, tendo a escola um papel chave não criando as devidas barreiras para evitar o acidente.

Decorrente dessa falha na gestão da emergência pelo piloto instrutor, o aluno piloto teve um papel passivo e apenas reativo ao voar a aeronave em frente conforme instruído, eventualmente com algumas limitações de espaço devido à posição das mãos/braços do piloto instrutor, que tentava repetidamente colocar o motor em funcionamento.

Alguns fatores podem ter degradado a performance da aeronave, incluindo o voo em velocidades não recomendadas e o uso dos *flaps*, que não estão dentro das recomendações do fabricante da aeronave. O forte vento de cauda ajudou a aeronave a atravessar o rio Tejo.

Apenas aos 500/400 pés de altitude, o piloto instrutor decidiu procurar um lugar para aterrar, deixando pouco tempo para análise de risco e fez diminuir drasticamente as suas opções na escolha do local da aterragem.

Quando o piloto instrutor avistou uma praia, e com a rápida degradação da situação, escolheu o local onde lhe parecia ter menos gente.

O ponto escolhido para a aterragem, e eventualmente não atingido, pode ter sido mal calculado pelo facto da elevada velocidade no terreno não ter sido tomada em consideração em consequência da forte componente de vento de cauda.

Desta forma e entrando a aeronave numa condição de perda aerodinâmica, a sua perda de controlo foi inevitável.

Logo após a violenta colisão com o solo, a aeronave passa pelo agueiro e atinge de imediato os dois banhistas, provavelmente ainda com os tripulantes sem reação após o evento da perda de controlo da aeronave.

A aeronave continuou então a rolar, situação em que os pilotos tiveram um controlo direcional reduzido e não usaram o sistema de travagem.

the engine failure problem.

In the basis for the emergency management failure and procedures adherence is clearly the lack of instructor preparation, having the ATO a key role by not setting up the necessary barriers to avoid the accident.

Due to that failure in the emergency management by the instructor pilot, the student pilot had a passive and reactive role where he flew the aircraft straight ahead as instructed, possibly with some space limitations due to the position of the hands / arms of the instructor pilot, who tried repeatedly, to start the engine.

Some factors may have degraded the aircraft's performance, including flying at non-recommended speeds and the use of flaps, which are not within the aircraft manufacturer recommendations. The strong tailwind helped the aircraft to cross the Tejo river.

Only about 500/400ft, the instructor pilot decided to look for a place to land, leaving little time for risk analysis and drastically reducing his options for choosing the landing spot.

When the instructor pilot saw a beach, and as the situation deteriorated quickly, the PIC chose the place where it seemed to have fewer people.

The landing spot chosen, and eventually not reached, may have been misjudged, as the tail wind factor wasn't considered, resulting in a high ground speed.

For that and having the aircraft in a stall condition, the aircraft's loss of control was now certain.

After the violent ground collision, the aircraft crossed the sea rip current and immediately after, fatally hitting the two persons, probably still with the crew having no reaction after the aircraft loss of control.

The aircraft continued the rollout where the pilots had a reduced directional aircraft control, without applying the braking system.

3. CONCLUSÕES || CONCLUSIONS

3.1. Constatações da investigação || Findings

Os registros de manutenção indicaram que a aeronave foi equipada e mantida de acordo com os regulamentos existentes e procedimentos aprovados.

A massa e o centro de gravidade da aeronave estavam dentro dos limites prescritos.

As condições meteorológicas locais mostraram uma atmosfera turbulenta propensa a movimentos de correntes ascendentes e afetando a trajetória da aeronave.

A amostra de combustível retirada da aeronave era do tipo e de qualidade adequados e não continha contaminação.

O dano e a torção da pá da hélice são consistentes com o facto de o motor não estar a produzir potência no momento do impacto com a areia.

A válvula e a sede da válvula da boia do carburador mostraram sinais de danos pré-evento.

O piloto instrutor estava licenciado e qualificado para o voo de acordo com os regulamentos existentes.

As ações do piloto instrutor (PIC) não foram realizadas de acordo com os procedimentos de emergência e lista de verificação aplicáveis.

As ações do piloto instrutor e as declarações no pós-evento indicaram inadequado conhecimento e compreensão da emergência.

O desempenho inadequado do piloto instrutor (PIC) evidenciam falta de preparação adequada para a emergência.

A preparação e utilização dos procedimentos de emergência do operador, bem como da lista de verificação foram inadequadas para uso em condições de *stress*.

A fraca ou inexistente avaliação de risco do operador nas áreas de trabalho levaram a tripulação a subestimar o uso do colete salva-

The maintenance records indicated that the aircraft was equipped and maintained in accordance with existing regulations and approved procedures.

The mass and the centre of gravity of the aircraft were within the prescribed limits.

The local meteorological conditions showed a turbulent atmosphere prone to updraft movements and affecting the aircraft trajectory.

The collected aircraft fuel sampled was of proper grade and quality and contained no contamination.

Propeller blade damage and twist were consistent with the engine not producing power at sand impact.

The carburettor float valve and valve seat showed signs of pre-event damages.

The instructor pilot was licensed and qualified for the flight in accordance with existing regulations.

The instructor pilot's actions were not performed according to the applicable emergency procedures and checklists.

The instructor pilot's actions and post-event statements indicated that his knowledge and understanding of the emergency was inadequate.

The instructor pilot (PIC) poor performance was consistent with the lack of proper preparation for the emergency.

The preparation and usage of the operator's Emergency procedures and Checklist were inadequate for use under conditions of stress.

Lack or poor operator's risk assessment on the working areas lead the crew to underestimate the life-vest usage.

vidas.

A tripulação não usava ou possuía na aeronave dispositivos tipo colete salva-vida infláveis.

O ATC prestou assistência imediata e eficaz à tripulação de voo.

Os testes toxicológicos realizados à tripulação quanto à presença de álcool foram negativos.

Embora a aeronave estivesse equipada com arnês de ombro, a tripulação não os usou.

The crew did not use or carry inflatable life vests devices on the aircraft.

ATC provided prompt and effective assistance to the flight crew.

Toxicological tests conducted to the crew for alcohol were negative.

Although shoulder harnesses were available, the crew did not wear them.

3.2. Causas/fatores contributivos || Causes/contributing factors

3.2.1. Causas prováveis || Probable causes

Falha do motor em voo gerida de forma inadequada pelo piloto instrutor, culminando na perda de controlo da aeronave por perda aerodinâmica.

É provável que a falha do motor tenha tido origem na deficiente entrega de combustível aos cilindros pelo carburador devido a um defeito na sede da válvula de controlo de nível de combustível na cuba.

Engine failure (IFSD) improperly managed by instructor pilot, resulting in aircraft loss of control due to aerodynamic stall.

It is likely that the engine power loss was due to improper fuel delivery to the cylinders from the carburettor due to a defective fuel valve seat responsible for the level control on the bowl.

3.2.2. Fatores contributivos || Contributing factors

Para o defeito na sede da válvula admite-se uma falha no processo da sua instalação.

Para a perda de controlo da aeronave foram identificados os seguintes fatores contributivos:

- Preparação inadequada do piloto instrutor para lidar com a emergência de falha de motor.
- Quebra de procedimentos básicos e de emergência pelo piloto instrutor.
- Limite de teto de apenas 1000 pés para a saída sul de LPCS.
- O operador não fez uma análise de risco para a operação nas áreas de trabalho do acidente (voo sobre a água).

For the defective fuel valve seat, a flaw in the installation process may have contributed.

For the aircraft loss of control the following contributing factors were identified:

- Inadequate preparation of the instructor pilot to deal with the engine failure emergency.
- Failure to follow basic and emergency procedures by the instructor pilot.
- Ceiling limit of only 1000ft to LPCS south exit.
- The operator did not perform a risk analysis for operation in the accident work area (over water flight).

4. RECOMENDAÇÕES || RECOMMENDATIONS

De acordo com o artigo 17.3 do Regulamento Europeu (UE) n.º 996/2010 do Parlamento Europeu e Conselho, de 20 de outubro de 2010, sobre investigação e prevenção de acidentes e incidentes na aviação civil, **a formulação de uma recomendação de segurança não constitui, em caso algum, presunção de culpa ou de responsabilidade** relativamente a um acidente, a um incidente grave ou a um incidente.

O destinatário de uma recomendação de segurança deve, no prazo de 90 dias, informar a autoridade responsável pelas investigações de segurança que formulou a recomendação, das ações tomadas ou em consideração, nas condições descritas no artigo 18 do referido Regulamento.

Nesta seção são descritas as recomendações emitidas para mitigar as questões de segurança operacional identificadas na investigação.

In accordance with Article 17.3 of European Regulation (EU) No. 996/2010 of the European Parliament and Council, of 20th October 2010, on the investigation and prevention of accidents and incidents in civil aviation, **a safety recommendation shall in no case create a presumption of blame or liability** for an accident, a serious incident or an incident.

The addressee of a safety recommendation shall, within 90 days, inform the safety investigation authority which issued the recommendation, of the actions taken or under consideration, under the conditions described in Article 18 of the aforementioned Regulation.

This section describes the recommendations issued to address the safety issues or concerns identified in the investigation.

À NAV Portugal :

Recomendação de Segurança N.º 28/2017

Recomenda-se que a NAV Portugal avalie e, caso não hajam inconvenientes para a segurança operacional que o desaconselhem, implemente o mais rapidamente possível o aumento da altitude superior dos túneis VFR, nomeadamente os dois segmentos de rota entre a Fonte da Telha e a Cova do Vapor/Bugio.

To NAV Portugal :

Safety Recommendation No. 28/2017

It is recommended that NAV Portugal evaluate and, if there are no inconveniences to the operational safety, to implement as soon as possible an increase of upper altitude on the VFR tunnels, namely the two segments of route between Fonte da Telha and Cova do Vapor/Bugio.

Nota: A RS N.º 2017/28 emitida pelo GPIAAF a 06 DEZ 2017 teve parecer positivo da NAV Portugal estando, no entanto, em estado aberto, mantendo-se no presente relatório por não ter sido ainda implementada || Note: Safety Recommendation No. 2017/28 issued by the GPIAAF on 2017 DEC 06 had from NAV Portugal positive opinion, however it remains open and is mentioned in this report as it was not implemented yet.

À FAA - Federal Aviation Administration (EUA):

Recomendação de Segurança N.º 12/2018

Recomenda-se que a Federal Aviation Administration (FAA), enquanto autoridade emissora do certificado tipo dos motores que usam carburadores com sistema de manutenção de nível de combustível na cuba através de válvula/sede de válvula, proceda a uma avaliação da condição de aeronavegabilidade dos carburadores, incluindo as práticas e procedimentos de manutenção bem como as ferramentas aprovadas nas revisões gerais destes equipamentos.

To FAA - Federal Aviation Administration (USA):

Safety Recommendation No. 12/2018

It is recommended that the Federal Aviation Administration (FAA), as type certificate issuer for engines using carburetors with constant fuel level bowl system through valve / valve seat, to assess the airworthiness condition of the carburetors, including the maintenance practices and procedures as well the approved tools in the overhaul process for these equipment.

À EAA - Escola de Aviação Aerocondor, S.A.:

Recomendação de Segurança N.º 13/2018

Recomenda-se que o operador EAA, com atual designação comercial de L3, Commercial Aviation, proceda à adequação das suas listas de verificação de operação por forma a garantirem o princípio e a correta sequência definida pelos fabricantes das aeronaves. Recomenda-se ainda a obrigatória verificação destes mesmos princípios a cada revisão das mesmas listas de verificação.

To EAA - Escola de Aviação Aerocondor, S.A.:

Safety Recommendation No. 13/2018

It is recommended that operator EAA, now commercial rebranded as L3, Commercial Aviation, revise its operational checklists to ensure the principle and the correct designed sequence by the aircraft manufacturers. It is also recommended to ensure that these same principles are checked every time the checklists are revised.

À ANAC - Autoridade Nacional de Aviação Civil:

Recomendação de Segurança N.º 14/2018

Recomenda-se que a Autoridade Nacional de Aviação Civil (ANAC) proceda a uma reavaliação, análise crítica e adequação dos ESOPs (Procedimentos de operação padrão estendido) da EAA (L3 CA) por forma a garantir a devida inclusão de análise de risco da atividade, nomeadamente, mas não limitado à avaliação de risco de rotas e áreas de operação, onde se incluem por exemplo a utilização efetiva e treino de amarema utilizando dispositivos de flutuação. Recomenda-se ainda que a ANAC pondere se tal ação deve ser estendida a outras ATOs.

To ANAC - Autoridade Nacional de Aviação Civil:

Safety Recommendation No. 14/2018

It is recommended that the National Civil Aviation Authority (ANAC) carry out a reassessment and critical review of EAA (L3 CA) Standard Extended Operating Procedures (ESOPs), in order to ensure the proper activity risk assessment, namely, but not limited to, en route risk assessment and operation areas, which include for example the effective usage of flotation devices and ditching training. In addition, it is recommended that ANAC evaluate the need to extend this reassessment to other ATOs.

Durante o período de consulta do presente relatório, a ANAC transmitiu sobre o conteúdo desta recomendação a posição que se passa a transcrever:

During the report consultation period, ANAC transmitted the position to this recommendation that will be transcribed below:

Quanto à recomendação proposta, a ANAC não aceita a recomendação proposta pelo GPIAAF, com base nos seguintes fundamentos. A saber:

1. Os ESOPs (Procedimentos de operação de padrão estendido), constam do *Aircraft Flight Manual* (AFM), o qual é aprovado pela autoridade primária de certificação da aeronave, que, no caso presente, não é o Estado Português. Não é, assim, competência desta Autoridade proceder à «...reavaliação, análise crítica e adequação dos ESOPs...da L3 CTS...»;

2. Ademais, os procedimentos para a Identificação dos perigos, bem como a avaliação de risco, constam do Manual da Organização de Formação, aprovado pela ANAC.

Especificamente, a verificação e monitorização da conformidade contínua destes procedimentos é da responsabilidade do sistema de gestão de segurança (*Safety Management System*) da organização de formação.

Ora, a ANAC quando efetua auditorias e Inspeções às organizações de formação, verifica, no exercício das suas competências de supervisão previstas na Seção III do Anexo VI, Parte ARA, do Regulamento (UE) n.º 1178/2011, da Comissão, de 3 de novembro de 2011, na redação conferida pelo Regulamento (UE) 2018/1065, da Comissão, de 27 de julho de 2018, a efetiva implementação daqueles procedimentos, suscitando-se, se aplicável, as correspondentes não-conformidades;

3. Relativamente ao treino dos pilotos em manobras de amareagem, não é o mesmo exigido nos termos do Regulamento (UE) n.º 1178/2011. Logo, no *syllabus* do curso da organização de formação L3 CTS não se faz constar este treino.

Os procedimentos, e não o treino, de amareagem é referido no Apêndice ao AFM e são tratados como formação teórica, em sede de manobras de emergência;

4. Os cursos de formação ministrados pela organização de formação L3 CTS, aprovados na ANAC, não se realizam sobre a água. Como tal, e de acordo com a norma técnica NCO.IDE.A.175 do Regulamento (UE) n.º 965/2012, da Comissão, de 5 de outubro de 2012, não era exigível no caso em apreço, a aeronave estar equipada com coletes salva-vidas ou equipamentos individuais de flutuação equivalente, na medida em que se trata de um avião terrestre monomotor cuja distância de descida em voo planado, atento o AFM, é superior à distância à costa: Ou seja, não estamos perante um voo sobre a água;

5. Existe uma única organização de formação certificada pela ANAC, localizada na Região Autónoma da Madeira, onde são realizados voos de Instrução sobre a água. As aeronaves utilizadas nestes voos estão, em cumprimento da referida norma técnica, equipadas com coletes salva-vidas, ou equipamentos Individuais de flutuação equivalente, bem como com barcos insufláveis.

Esta organização de formação, à semelhança de todas as outras certificadas pela ANAC, é objeto de supervisão.

Note: ANAC response was intentionally not translated to avoid misinterpretation on the related topics.

Analisado atentamente o comentário da ANAC, a investigação entende ser de manter no relatório final a recomendação em apreço, clarificando o seu objetivo primário com vista a uma eventual alteração da posição daquela Autoridade, como se segue:

Conforme evidenciado no presente relatório, o ESOP é o documento em uso pela escola e a bordo de todas as suas aeronaves. Este documento da ATO não traduz o POH da aeronave, contendo alterações significativas. Ficou ainda evidenciado que o ESOP em apreço não está validado pela ANAC.

É do entendimento da investigação que um operador comercial que ministra formação com o objetivo de atribuição de licenças profissionais deverá seguir um conjunto de práticas comuns, únicas e não sujeitas ao julgamento de cada instrutor. Essas práticas devem ser suportadas numa análise de risco de toda a operação da ATO, onde se inclui o risco de voo sobre a água, se tal ocorrer na operação.

Não foi evidenciada qualquer análise de risco da operação tendo como base o aeródromo de Cascais (LPCS), e tendo em conta a operação de aeronaves monomotor terrestres.

Com o objetivo de clarificação, transcreve-se parte do atual Regulamento (EU) 965/2012 Annex VII Part NCO referindo-se às condições do uso de colete salva vidas e, por inerência, à respetiva formação:

NCO.IDE.A.175 Voos sobre a água: ()

1) Aviões terrestres monomotor

i) que efetuam voos sobre a água a uma distância da costa superior à distância de descida em voo planado; ou

ii) que descolam ou aterram num

After analysing ANAC's comments, the investigation decided to maintain the recommendation in the final report, clarifying its primary objective and having in mind a possible position change by the CAA:

As evidenced in this report, the ESOP is the document in use by the school present on-board of all its aircraft. This ATO document does not translate the aircraft POH, containing significant changes. It was also evidenced that the ESOP in question is not validated by ANAC.

It is the investigation opinion that a commercial operator who provides training aiming for professional licenses should follow a set of common practices, unique and not subject of each instructor judgment. These practices shall be supported by an ATO operation risk analysis, including the risk of over water flights, if applicable.

No Cascais airport (LPCS) operation risk analysis was evidenced, taking into account the operation of single-engine land aircraft.

For clarification purposes, fragment of current regulation (EU) 965/2012 Annex VII Part NCO referring lifejackets usage conditions and, inherently, the necessary training:

NCO.IDE.A.175 Flight over water()

1) single-engined landplanes when:

(i) flying over water beyond gliding distance from land; or

(ii) taking off or landing at an aerodrome or operating site where, in the opinion of the

aeródromo ou local de operação cuja trajetória de decolagem ou de aproximação esteja disposta sobre a água de tal forma que, no parecer do piloto-comandante, exista uma probabilidade de amargem forçada;

O âmbito da recomendação de segurança abrange obviamente o estipulado no referido regulamento onde o piloto instrutor deverá estar preparado com os meios necessários e ter a indispensável formação para que, em consciência, decida o melhor local da aterragem de emergência, incluindo a possibilidade de amargem quando esta representar um menor risco para a aeronave, seus tripulantes ou terceiros.

pilot-in-command, the take-off or approach path is so disposed over water that there would be a likelihood of a ditching;

The scope of the safety recommendation obviously covers the regulation scope, where the instructor pilot must be prepared with the necessary means and have the necessary training to decide in conscience the best location for the emergency landing, including the possibility of ditching when this presents a lower risk to the aircraft, its crew or third parties.

À ANAC, Autoridade Nacional de Aviação Civil:

Recomendação de Segurança N.º 15/2018

Recomenda-se que a Autoridade Nacional de Aviação Civil (ANAC) proceda a uma avaliação do atual processo de uniformização dos instrutores de voo nas escolas profissionais, propondo e implementando melhorias na avaliação de desempenho dos pilotos instrutores que daí resultem.

To ANAC, Autoridade Nacional de Aviação Civil:

Safety Recommendation No. 15/2018

It is recommended that the National Civil Aviation Authority (ANAC) carry out an evaluation of the current flight instructor standardization process at ATOs, proposing and implementing improvements in the instructor pilots performance evaluation.

Durante o período de consulta do presente relatório, a ANAC transmitiu sobre o conteúdo desta recomendação a posição que se passa a transcrever:

During the report consultation period, ANAC transmitted the position to this recommendation that will be transcribed below:

A ANAC não aceita a recomendação proposta, pelos seguintes motivos:

1. É da competência exclusiva da organização de formação proceder à uniformização do desempenho dos instrutores, nas vertentes teórica, prática e em simulador de voo (FSTD).
Esta uniformização é, de acordo com a norma técnica ORA.ATO.210 do Regulamento (UE) n.º 1178/2011, da responsabilidade do Instrutor de Voo-Chefe (CFI) da organização de formação.
2. A questão da uniformização do desempenho dos instrutores é verificada no âmbito das auditorias e inspeções que a ANAC realiza às organizações de formação, suscitando-se, se aplicável, as correspondentes não-conformidades.
3. Tendo presente o aumento da atividade das organizações de formação nos últimos anos, a ANAC tem vindo a intensificar a supervisão deste requisito específico nas suas ações inspetivas.

Note: ANAC response was intentionally not translated to avoid misinterpretation on the related topics

Analísado atentamente o comentário da ANAC, a investigação entende ser de manter no relatório final a recomendação em apreço, clarificando o seu objetivo primário com vista uma eventual alteração da posição daquela Autoridade, como se segue:

A investigação entende que as ações e opções tomadas pelo piloto instrutor na gestão da emergência, bem como as declarações prestadas sobre as práticas de pilotagem em situação de emergência documentadas no presente relatório, deixam evidente uma ineficaz supervisão do requisito de uniformização dos instrutores dentro da ATO.

Uma análise ao registo recente de ocorrências em território nacional revelou ainda um incremento significativo de incidentes envolvendo aeronaves em instrução e com um número preocupante com contribuição ou envolvimento direto de instrutores no exercício das suas funções.

Atendendo ainda à conhecida rotação elevada do corpo de instrutores das ATOs em Portugal com o referido aumento da atividade, a investigação entende portanto que a recomendação de segurança se mantém pertinente e necessária, pelo papel crucial da supervisão pela Autoridade no domínio.

After analysing ANAC's comments, the investigation decided to maintain the recommendation in the final report, clarifying its primary objective and having in mind a possible position change from the CAA:

The investigation understands that the actions and options taken by the instructor pilot in emergency management, as well as the statements made about flying technics during an emergency documented in this report, reveal an ineffective instructors standardization oversight requirement within the ATO.

An analysis to the recent occurrences records in national territory also revealed a significant increase in incidents involving training flights with a worrying number with direct contribution or involved instructors in the exercise of their roles.

In addition to the well-known high rotation of the ATO instructors' in Portugal with this known increased activity, the investigation therefore considers that the safety recommendation remains relevant and necessary, by the crucial role of supervision by the CAA in the topic in question.

Este relatório final foi homologado pelo diretor do GPIAAF, nos termos do n.º 3 do art.º 26.º, do Decreto-Lei n.º 318/99.

A equipa de investigação.

This final report was homologated by the director of the Portuguese SIA, as per article 26, no. 3, of Decree-Law no. 318/99.

The investigation team.

5. APENDICES || APPENDIXES

5.1. idMEC - IST - Análise detalhada do mecanismo da boia do carburador || Detailed analysis of carburettor float mechanism - idMEC IST

Estudo da Análise detalhada do mecanismo da boia de um carburador / Detailed analysis of the float mechanism of a carburetor



Análise detalhada do mecanismo da boia de um carburador / Detailed analysis of the float mechanism of a carburetor *Marvel Schebler Model MA-3PA, P/N 10-5267, s/n MSA 89002*

Março 2018

Este relatório foi publicado em duas línguas,
Português e Inglês.

Em caso de discrepâncias entre as duas
versões, o texto em Português terá
prevalência.

This report was published in two
languages, Portuguese and English.

In the event of any discrepancy between
these versions, the Portuguese text shall
prevail.

ÍNDICE || TABLE OF CONTENTS

TÍTULO TITLE	PÁGINA PAGE
ÍNDICE TABLE OF CONTENTS	4
SINOPSE SYNOPSIS.....	5
1. INFORMAÇÃO FACTUAL FACTUAL INFORMATION	8
1.1. Introdução Introduction	8
1.2. Caracterização do material Material Characterization.....	9
1.3. Análise dos componentes Analysis of components.....	9
1.3.1 Observação visual Visual inspection	9
1.3.2 Microscopia ótica Optical microscopy	11
1.3.3 Microscopia eletrónica de varrimento Scanning electron microscopy	15
1.4. Discussão e conclusões sobre as observações Discussion of the observations	21
Anexo – Análises químicas Annex- Chemical analysis	22

SINOPSE | | SYNOPSIS

Data do incidente | | Date of incident

02-08-2017

Aeronave | | Aircraft

CESSNA, 152

Local do incidente | | Site of incident

Praia de São João da Caparica

Uma aeronave Cessna 152, com dois tripulantes a bordo, descolou do aeródromo de Cascais (LPCS) com destino a Évora (LPEV) num voo de treino de navegação por instrumentos.

A meteorologia era de céu limpo, temperatura 35º e com mais de 10 km de visibilidade.

A descolagem foi efetuada às 15:42 sendo o aluno piloto o *pilot flying*. A aeronave na descolagem após 500 ft, efetuou uma volta pela direita, conforme a autorização de voo e manteve uma rota direta para a posição Cova do Vapor, subindo para 1000 ft.

Às 15:46 durante o cruzamento do rio Tejo, a aeronave foi atingida por uma corrente ascendente muito forte. Nesse momento o motor falhou e parou de funcionar.

O instrutor efetuou várias tentativas de arranque do motor e ao mesmo tempo assumiu a operação da aeronave, reduzindo a velocidade para uma perda de energia potencial baixa e tentou alcançar algum ponto possível para uma aterragem de emergência.

Mantendo a velocidade e a razão de descida constante, o instrutor conseguiu voar a aeronave para uma aterragem de emergência na faixa de areia da praia de São João.

O instrutor até à aterragem de emergência, tentou arrancar o motor sem sucesso.

A Cessna 152 aircraft, with two crew members on board, took off from the Cascais (LPCS) aerodrome to Evora (LPEV) on an instrument navigation training flight.

The weather was clear, temperature 35º and with more than 10 km of visibility.

The take-off was made at 15:42 and the student pilot was the pilot flying. The aircraft took off and at 500 ft, made a right turn, as per flight clearance, and maintained a direct heading to the Cova do Vapor position, climbing to 1000 ft.

At 15:46 while crossing the Tejo river, the aircraft experienced a very strong upward current. At that moment the engine failed and stopped.

The instructor made several attempts to start the engine and at the same time assumed the operation of the aircraft, reducing the speed to a low loss of potential energy and attempted to reach some possible point for trying an emergency landing.

Keeping the speed and the constant rate of descent, the instructor pilot was able to fly the aircraft for an emergency landing in the sand strip of the beach of São João.

Until the emergency landing, the instructor attempted to start the engine without success.

MODEL MA 4SPA

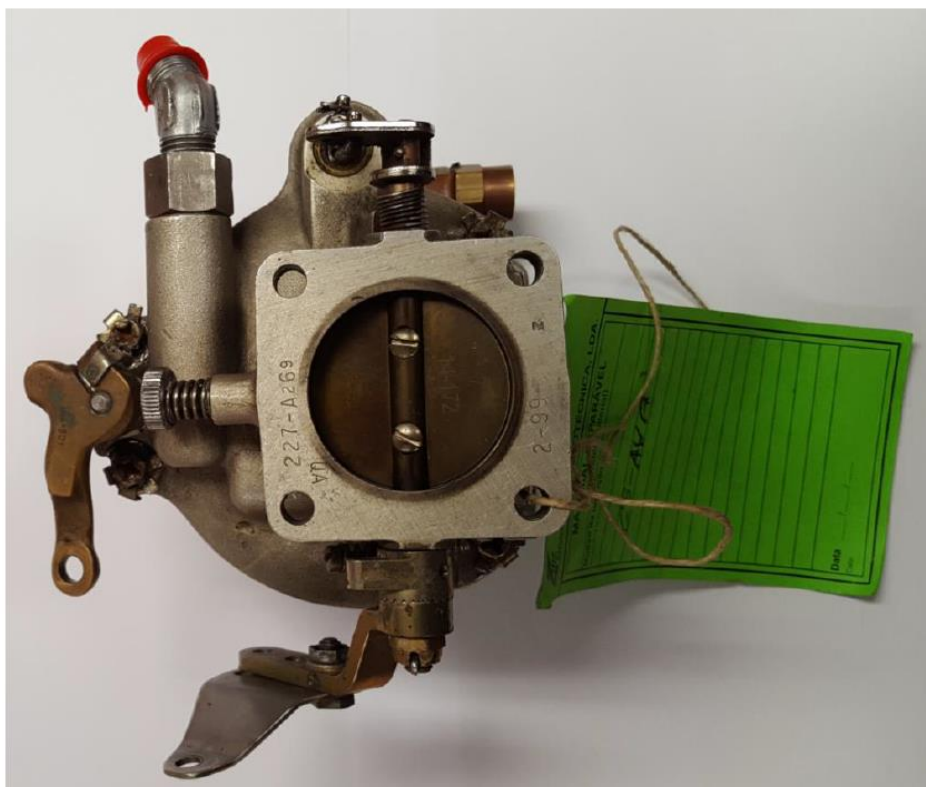
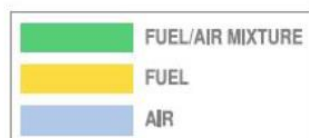
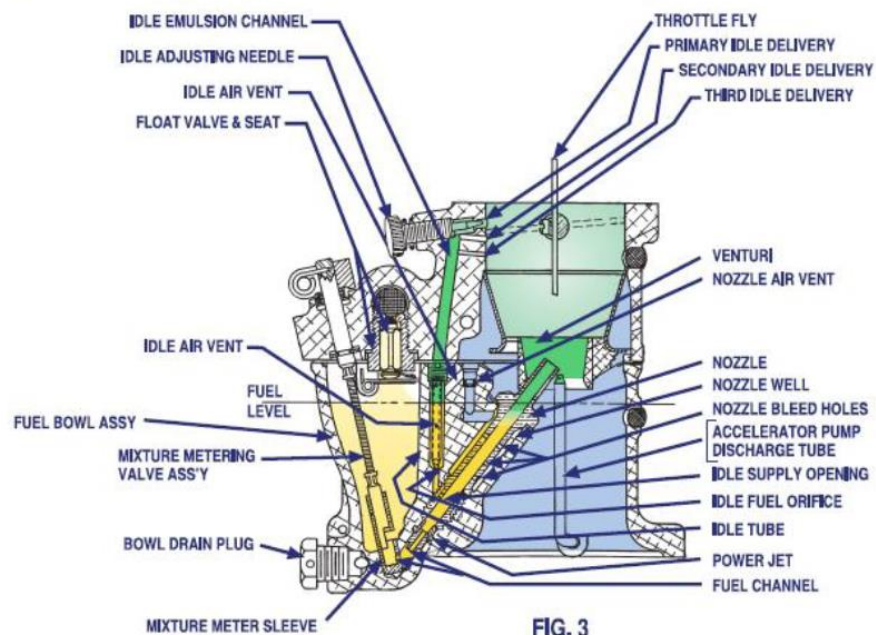


Figura 1 || Figure 1

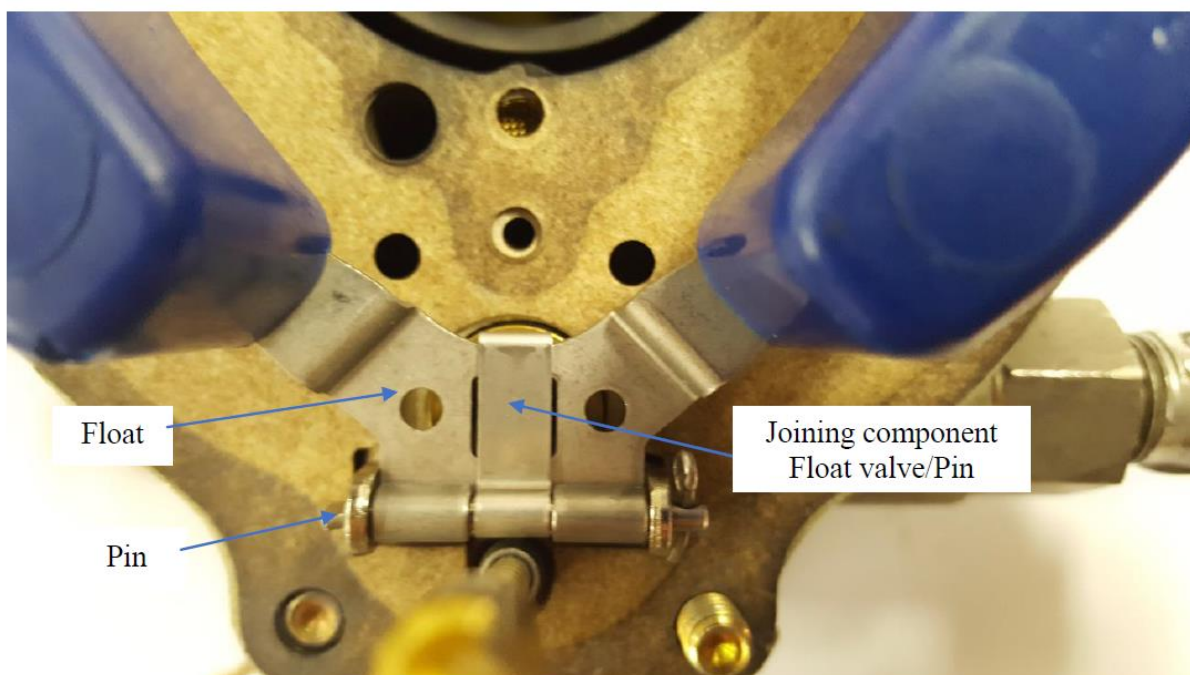
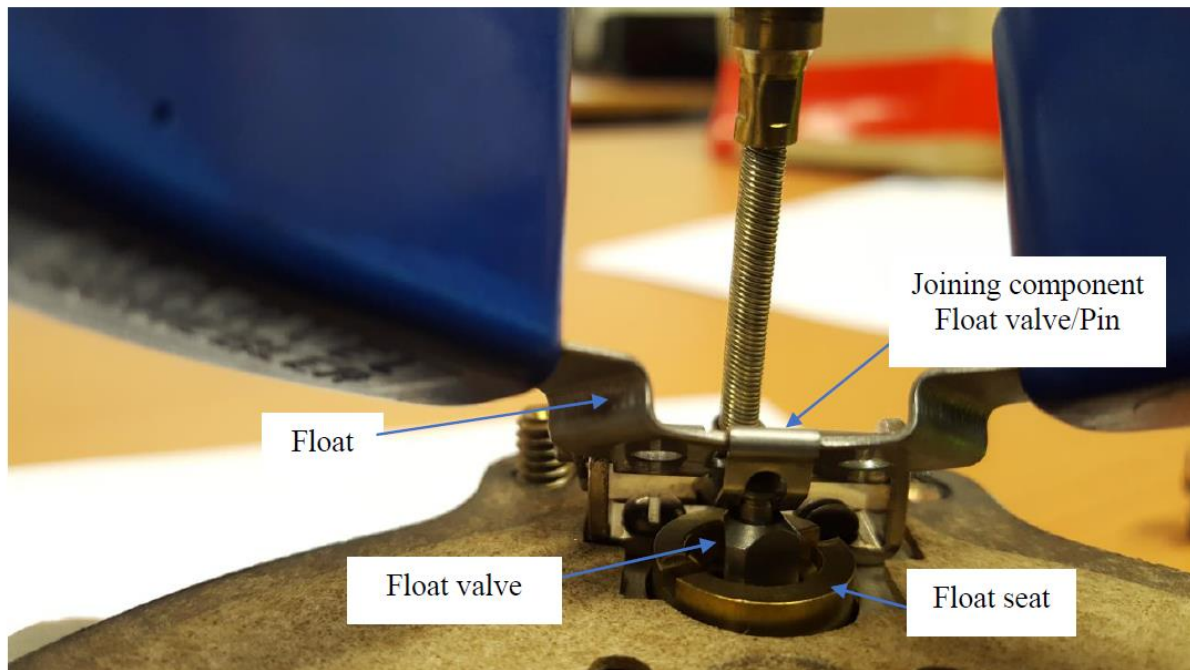


Figura 2 || Figure 2

1. INFORMAÇÃO FACTUAL || FACTUAL INFORMATION

1.1. Introdução || Introduction

A análise a que se refere este relatório vem na sequência de uma inspecção pós acidente efectuada pelo GPIAAF onde não foi detetada qualquer avaria no motor e foi verificada a existência de combustível no tanque da aeronave. Foi solicitado ao IDMEC a análise do carburador, mais concretamente da bóia do carburador para investigar uma possível obstrução ao enchimento de combustível do depósito do carburador

O sistema em estudo é uma boia de um carburador Marvel Schebler, Model: MA-3PA, Part number 10-5267, Serial number MSA 89002 (Figura 1). É objectivo deste relatório efectuar uma análise detalhada ao mecanismo da boia do carburador de forma a averiguar-se a possível causa da interrupção do fornecimento de combustível ao motor. Os componentes analisados neste estudo foram (Figura 2):

- Pin;
- Joining component Float valve/Pin;
- Float valve;
- Float seat.

A metodologia adoptada consistiu na:

- identificação dos materiais dos vários componentes em questão através da análise da composição química;
- caracterização dos possíveis danos dos componentes por observação visual e por microscopia óptica das superfícies e identificação das zonas a serem observadas por microscopia electrónica de varrimento (MEV).

The analysis presented in this report is a result of a post-flight inspection carried out by GPIAAF where no engine malfunction was detected and fuel was detected in the aircraft fuel tank. IDMEC was asked to analyze the carburetor, specifically the carburetor float, to investigate a possible clogging of fuel from the fuel bowl.

The system being studied is a float of a Marvel Schebler, Model: MA-3PA, Part number 10-5267, Serial number MSA 89002 (Figure 1). The purpose of this report is to carry out a detailed analysis of the carburetor float mechanism in order to ascertain the possible cause of the interruption of the fuel supply to the engine. The components analysed in this study were (Figure 2):

- Pin;
- Joining component Float valve/Pin;
- Float valve;
- Float seat.

The methodology adopted was:

- identify the components materials by analysing the chemical composition;
- characterize the possible components damage using visual and optical microscope observation of the surfaces and identification of the zones to be observed by the scanning electron microscopy (SEM).

1.2. Caracterização do material | | Material Characterization

Com o objetivo de caracterizar o tipo de material fizeram-se análises químicas a cada componente em estudo.

As composições químicas do material dos componentes foram obtidas num microscópio eletrônico de varrimento através da técnica de espectrometria de raios X (ver anexo). Os resultados obtidos mostraram que o componente *Joining component Float valve/Pin* corresponde a um aço com presença de Cr e Ni, portanto com as características de um aço inoxidável, os componentes, *Float valve* e *Pin* a um aço com a presença de Cr apresentando à partida maior dureza e o componente *Float seat* a um latão.

In order to characterize the type of material were performed chemical analysis to each component under study.

The chemical compositions of the components were obtained using the X-ray spectrometry technique available in the SEM (see annex). The results correspond to an alloy VT8, according to information provided by the manufacturer (see annex). The results showed that the component *Joining component Float valve/Pin* corresponds to a steel with presence of Cr and Ni (stainless steel), the components *Float valve* and *Pin* to a steel with presence of Cr presenting a higher hardness and the component *Float seat* to a brass.

1.3. Análise dos componentes | | Analysis of components

Os componentes foram observados visualmente, através de um microscópio ótico e por um microscópio eletrônico de varrimento de forma a visualizar possíveis danos na sua geometria.

The components were visually observed through an optical microscope and a scanning electron microscope in order to visualize possible damages in its geometry.

1.3.1 Observação visual | | Visual inspection

Após visualização de todos os componentes verificou-se que estes apresentavam aparentemente desgastes normais ao funcionamento do sistema de boia (Figura 3 - *Pin*, Figura 4 - *Joining component Float valve/Pin*, Figura 5 - *Float valve*, Figura 6 - *Float seat*).

O componente *Float seat* foi seccionado (após autorização por parte do GPIAAF) de forma a se poder observar a sua geometria interna (Figura 7).

After visualization of all components it was found that these presented apparently normal damages to the operation of the float system (Figure 3- *Pin*, Figure 4 - *Joining component Float valve/Pin*, Figure 5 - *Float valve*, Figure 6 - *Float seat*).

The *Float seat* component was sectioned (after authorization by GPIAAF) in order to observe its internal geometry (Figure 7).



Figura 3 | | Figure 3



Figura 4 || Figure 4



Figura 5 || Figure 5



Figura 6 || Figure 6



Figura 7 || Figure 7

1.3.2 Microscopia ótica | | Optical microscopy

Após a observação visual dos vários componentes efetuou-se uma observação mais detalhada por microscopia ótica com baixa ampliação.

After the visual inspection of the components a more detailed observation was made using an optical microscope low magnification.

1.3.2.1 Pin

Na Figura 8 é possível observar uma imagem geral do componente *Pin*.

A general image of the Pin component can be observed in Figure 8.

Após análise deste componente, utilizando-se uma maior ampliação (Figura 9) verificou-se que as alterações observadas na superfície do *Pin* são derivadas do sistema de movimento do componente *Float* com o componente *Joining component Float valve/Pin*. Estas alterações, associadas ao desgaste superficial, estão em concordância com o esperado para este tipo de solicitação e não são impeditivas do bom funcionamento da boia.

After analysis of this component, using a higher magnification (Figure 9) it was verified that the changes observed in the pin surface are derived from the movement system of the Float component with the component Joining component Float valve/Pin. These changes, associated with surface wear, are in line with what is expected for this type of request and are not impeditive to the proper functioning of the float.

1.3.2.2 Joining component Float valve/Pin

A Figura 10 exemplifica o aspeto da superfície do componente de ligação *Joining component Float valve/Pin*. Após observação detalhada desta superfície (Figura 11) verifica-se a presença de zonas riscadas, com os riscos sempre na mesma direção e perpendiculares ao eixo (*Pin*) de movimento de oscilação da *Float*. Da observação do mecanismo de funcionamento da *Float* não existe nenhum componente que esteja em contacto com o componente *Joining component Float valve/Pin* pelo que o desgaste observado não deriva do funcionamento normal da boia. Estes riscos aparentam ter sido efetuados por uma lima (ou ferramenta similar).

Figure 10 illustrates the general aspect of the Joining component Float valve/Pin surface. After detailed observation of this surface (Figure 11), the presence of scratched areas is observed, with the scratches always in the same direction and perpendicular to the axis (Pin) of oscillating movement of the Float. From the observation of the operation mechanism of the Float there is no component that is in contact with the Joining component Float valve / Pin, so that the observed wear does not derive from the normal functioning of the float. These scratches appear to have been made by a file (or similar tool).



Figura 8 | | Figure 8



Figura 9 || Figure 9



Figura 10 || Figure 10

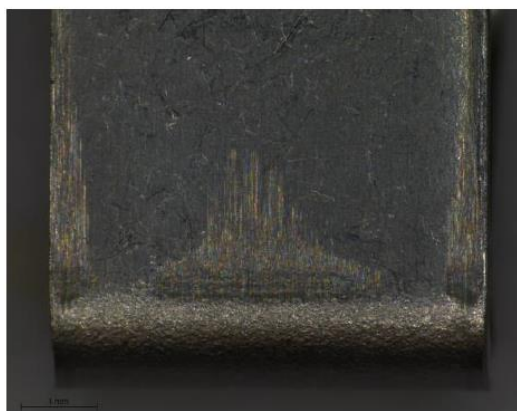


Figura 11 || Figure 11



Figura 12 || Figure 12



Figura 13 || Figure 13

1.3.2.3 Float valve

A Figura 12 apresenta imagens das três superfícies de contacto do componente *Float valve* com o componente *Float seat*.

Nas três superfícies de contacto são evidentes duas zonas mais lisas e brilhantes, onde houve um desgaste mais intenso do material (Figura 13).

Figure 12 shows images of the three contact surfaces of the Float valve component with the Float seat component.

On the three contact surfaces, two smoother and brighter zones are evident, where there was more intense wear of the material (Figure 13).

1.3.2.4 Float seat

Nas Figuras 14 e 15 são mostradas as duas partes do componente *Float seat* onde são visíveis várias marcas provenientes do contacto com o componente *Float valve*.

Figures 14 and 15 show the two parts of the Float seat component. In these figures are visible several marks promoted by the contact of the Float seat with the Float valve component.

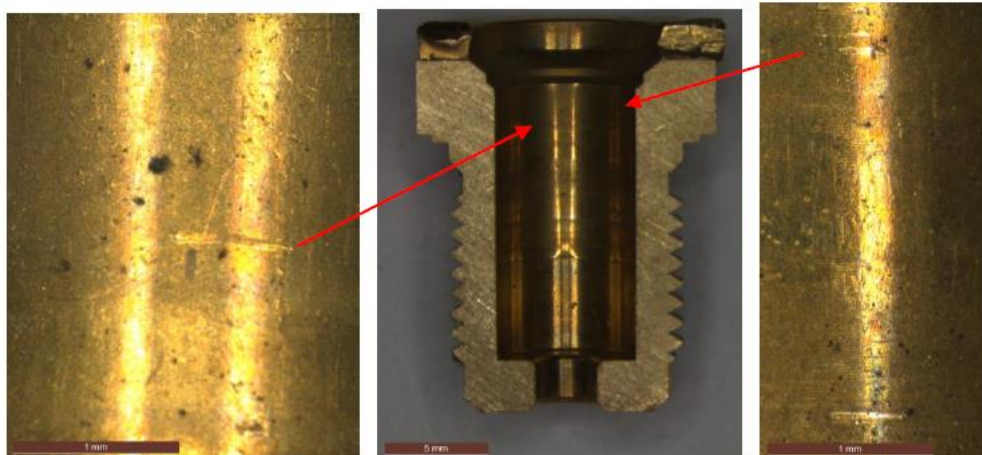


Figura 14 || Figure 14

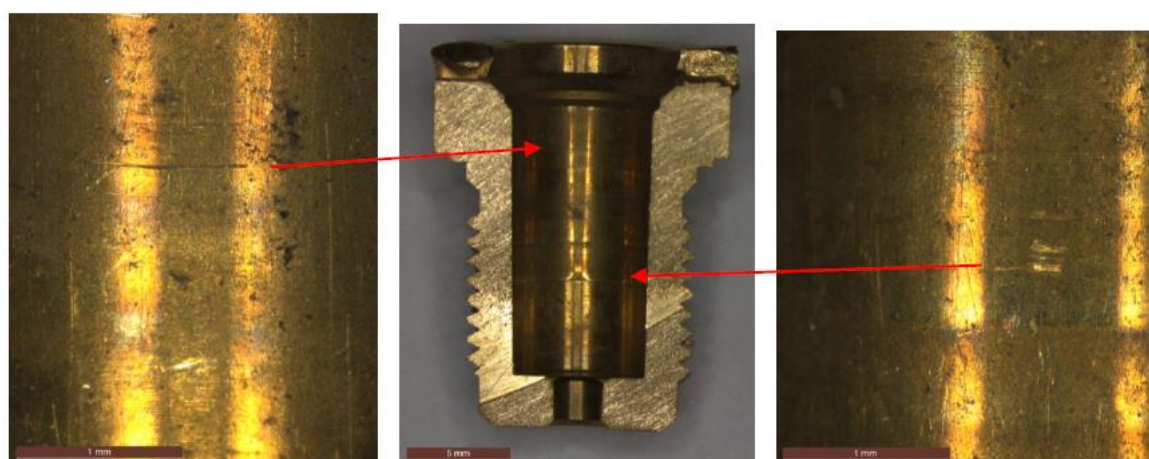


Figura 15 || Figure 15

1.3.3 Microscopia eletrônica de varrimento || Scanning electron microscopy

Não sendo possível determinar com a ampliação da microscopia ótica a possível causa dos danos observados nas superfícies dos componentes, recorreu-se à utilização da microscopia eletrônica de varrimento para uma análise mais profunda.

With the magnification of an optical microscope it is not possible to determine the possible cause of damages observed in the components surfaces, it was used a scanning electron microscopy to a deeper analysis.

1.3.3.1 Pin

Analogamente às observações efetuadas visualmente e em microscopia ótica, da observação por microscopia eletrônica de varrimento da superfície do *Pin*, não foi detetado qualquer indício anormal na morfologia e geometria do componente.

Analogously to the observations performed using visual inspection and the optical microscope, from observation by scanning electron microscopy of the *Pin* surface, no abnormal clues were detected in the morphology and geometry of the component.

1.3.3.2 Joining component Float valve/Pin

A Figura 16 exemplifica o aspeto da superfície do componente *Joining component Float valve/Pin*. Em todas as zonas deste componente é visível um ataque químico do combustível ao material (aço inoxidável) provavelmente nos limites de grão. É também visível que os riscos, já detetados pelo microscópio ótico, estão sobrepostos ao ataque químico pelo que se pode concluir que foram feitos após este e não na altura do fabrico do componente. Sendo assim, acredita-se que os riscos tenham sido feitos durante uma das manutenções a que a aeronave este sujeita.

Figure 16 exemplifies the surface appearance of the *Joining component Float valve/Pin*. In all areas of this component a chemical attack of the fuel on the material (stainless steel) is visible at the grain limits. It is also visible that the scratches, already detected by the optical microscope, are superimposed on corrosion, so it can be concluded that they were made after the chemical attack and not at the time of manufacture of the component. Therefore, it is believed that the scratches were made during one of the maintenance to which the aircraft is subject.

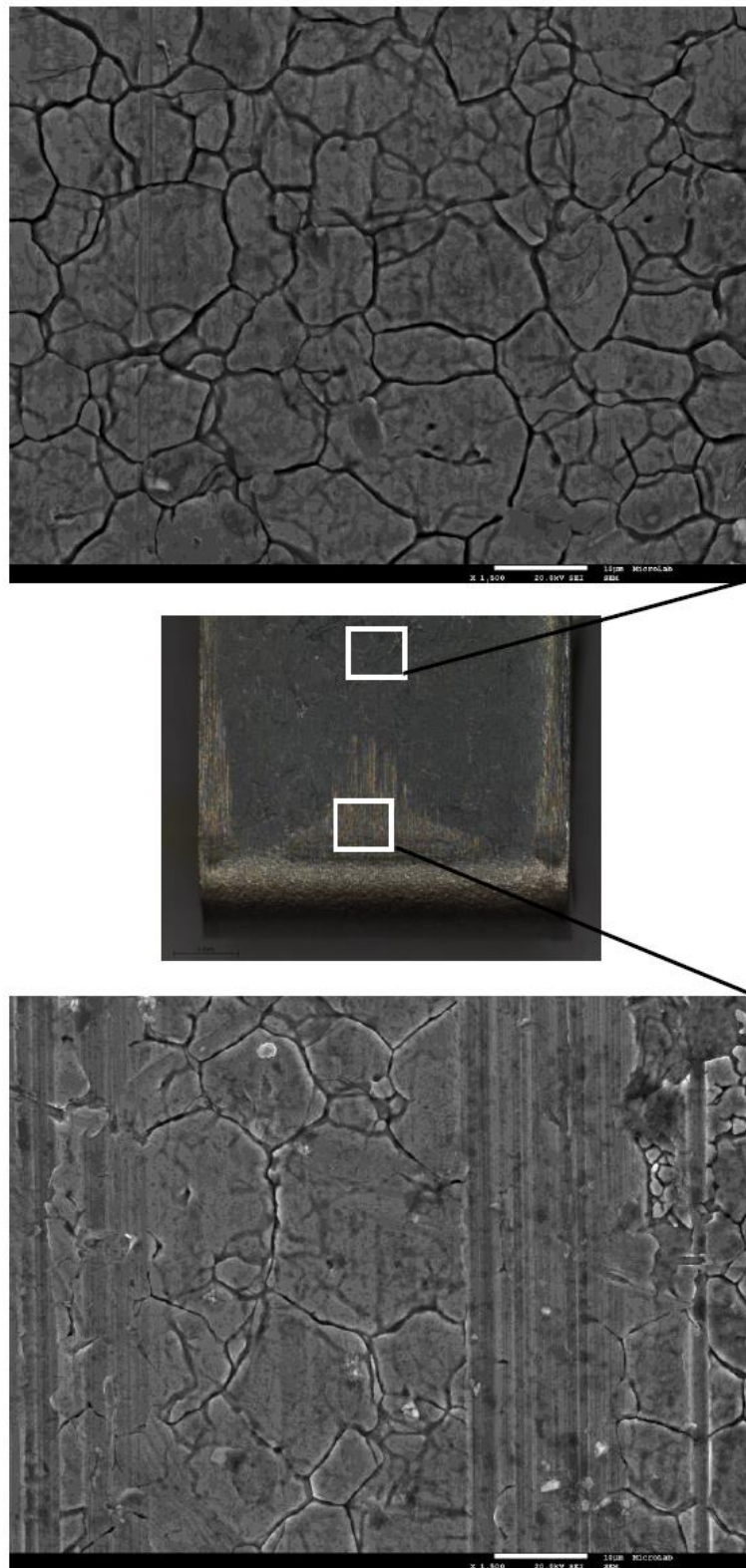


Figura 16 || Figure 16

1.3.3.3 Float valve

As superfícies de contacto do componente *Float valve* mostram diferentes morfologias (Figura 17) evidenciando maior ou menor desgaste devido à intensidade relativa da fricção entre este componente e o componente *Float seat*.

Nas zonas de maior desgaste todas as arestas do componente *Float valve* evidenciam um desgaste pronunciado (Figura 18), como já tinha sido observado usando o microscópio ótico.

A Figura 19 mostra fissuração secundária em praticamente toda a superfície do componente sem influência aparente no bom funcionamento do conjunto.

The contact surfaces of the *Float valve* component show different morphologies (Figure 17) showing greater or less wear due to the relative frictional intensity between this component and the *Float seat* component.

In the areas of greatest wear all edges of the *Float valve* component show pronounced wear (Figure 18), as had already been observed using the optical microscope.

Figure 19 shows secondary cracking on substantially the entire surface of the component without apparent influence on the smooth operation of the assembly

1.3.3.4 Float seat

Na Figura 20 mostra-se a superfície interior do componente, onde são visíveis duas zonas com diferentes morfologias superficiais, mostrando-se com maior ampliação a zona de transição; na zona inferior são visíveis ainda os riscos de maquinaria enquanto na zona superior a superfície é mais polida devido ao desgaste provocado pelo contacto entre o *Float valve* e o *Float seat*.

São claramente visíveis na superfície mais polida do *Float seat* marcas transversais pontuais mais profundas devido a um contacto mais intenso com as arestas do componente *Float valve*. (Figuras 21 a 23). Este tipo de marcas indicia contactos pontuais entre os dois componentes, em vez do deslizamento perfeito do componente *Float valve* no interior do componente *Float seat*. Estas marcas mais profundas, não sendo justificáveis pelo deslizamento normal entre as arestas do *Float valve* e a superfície cilíndrica do *Float seat*, podem evidenciar a possível existência de detritos que devido à reduzida folga entre as superfícies dos dois componentes, podem ter originado uma alteração do correto funcionamento da boia (deslizamento). Estes detritos podem ter sido transportados pelo combustível ou terem surgido pelo próprio desgaste dos componentes envolvidos.

In Figure 20 the inner surface of the component is shown. Two zones with different surface morphologies are visible; in the lower zone are visible the machining scratches while in the upper zone the surface is more polished due to wear caused by the contact between the *Float valve* and the *Float seat*.

Deeper transverse marks are clearly visible on the more polished surface of the *Float seat* component due to more intense contact with the edges of the *Float valve* component (Figures 21 to 23). This type of marks indicate punctual contacts between the two components, rather than the perfect slip of the *Float valve* component inside the *Float seat* component. These deeper marks, which cannot be justified by the normal sliding between the edges of the *Float valve* and the cylindrical surface of the *Float seat*, can show the possible existence of debris which, due to the reduced clearance between the surfaces of the two components, may have caused a proper functioning of the float (slip). These debris may have been carried by the fuel or have arisen from the wear of the components involved.

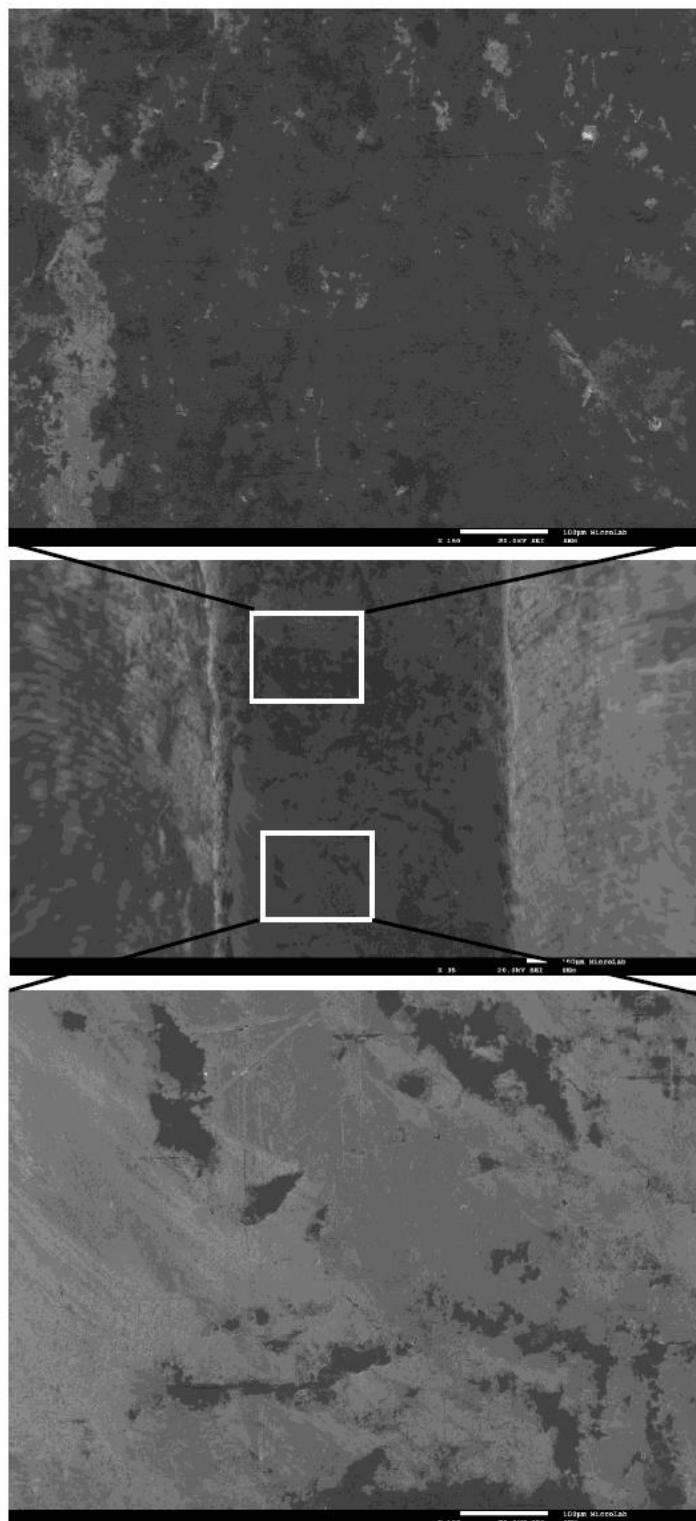


Figura 17 || Figure 17

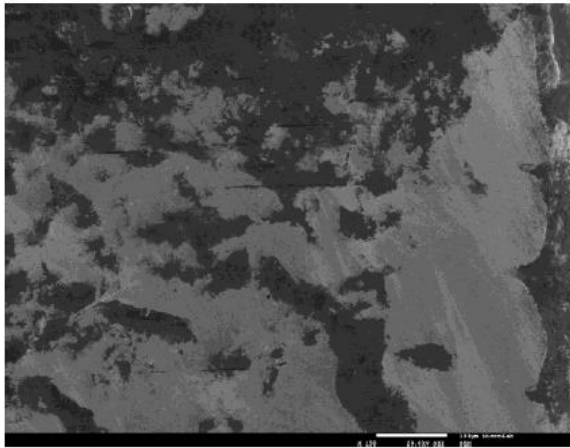


Figura 18 | | Figure 18

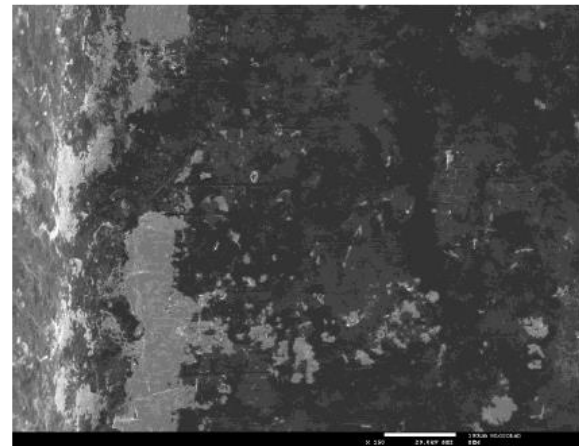
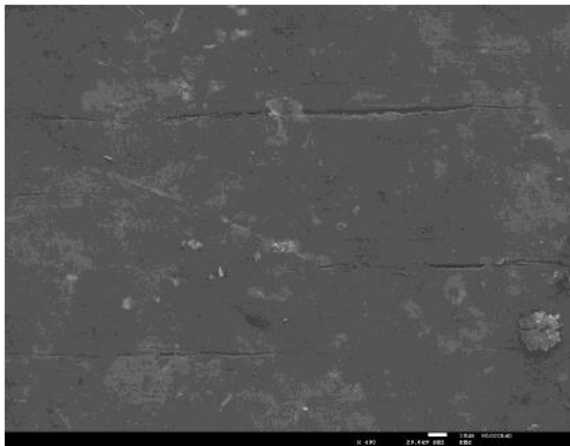


Figura 19 | | Figure 19

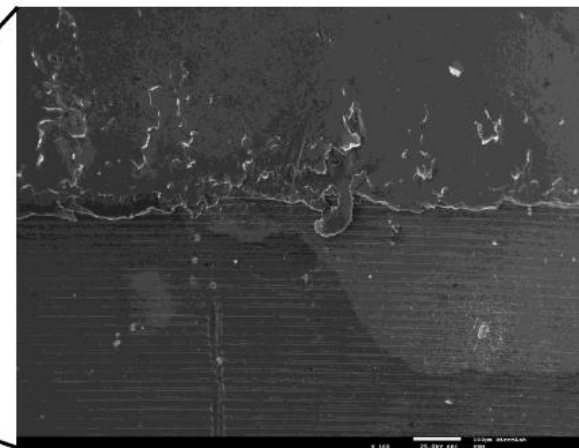
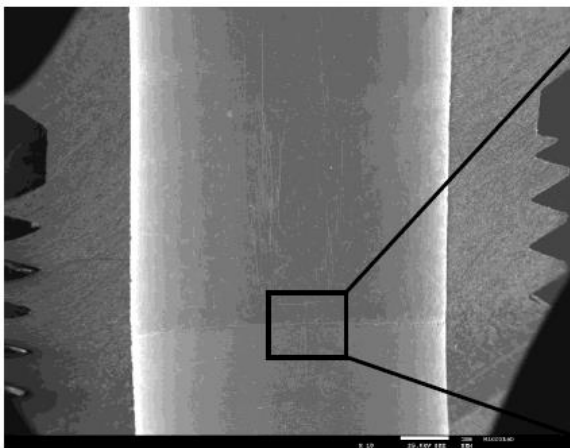


Figura 20 | | Figure 20

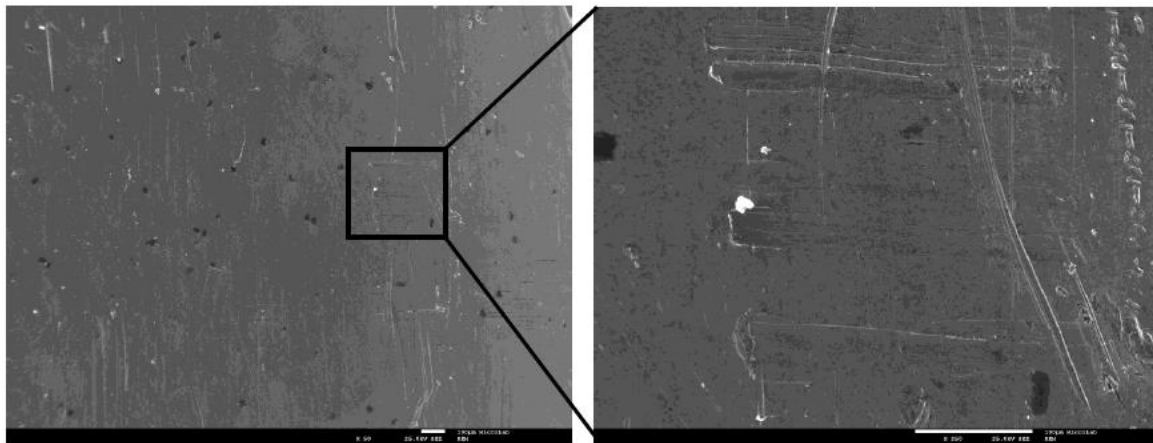


Figura 21 || Figure 21

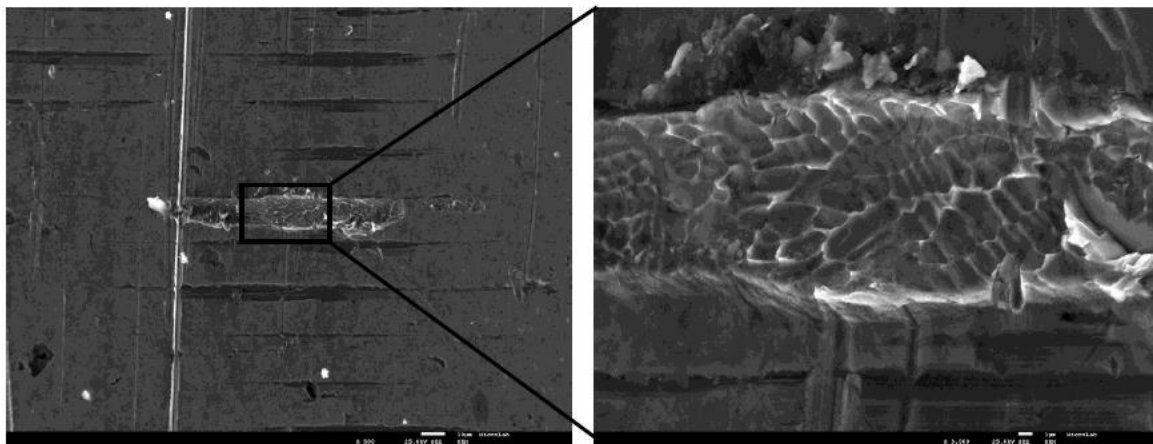


Figura 22 || Figure 22

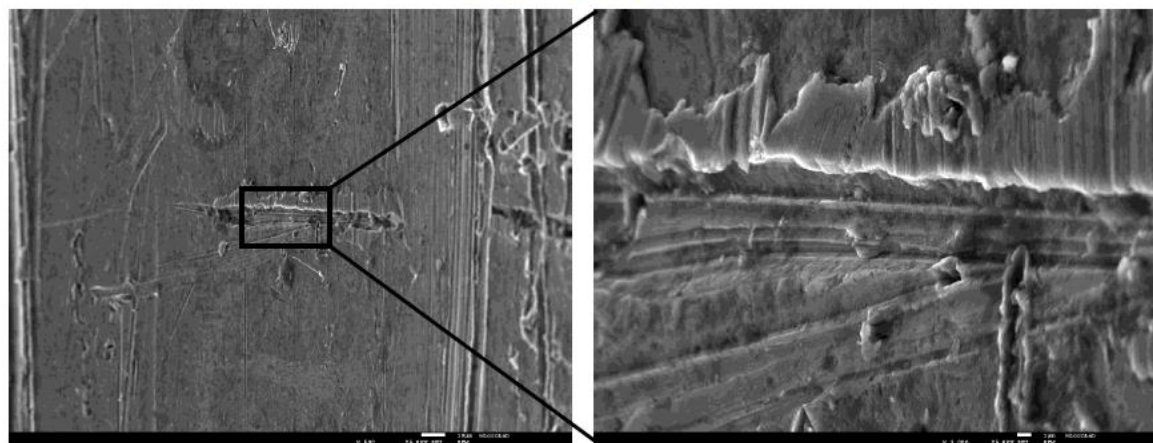


Figura 23 || Figure 23

1.4. Discussão e conclusões sobre as observações || Discussion of the observations

Não foram observadas alterações no componente *Pin*; no componente *Joining component Float valve/Pin* as alterações superficiais observadas não podem ser associadas a qualquer alteração do correto funcionamento da boia.

As observações efectuadas nas superfícies de contacto entre o *Float valve* e o *Float seat*, permitem confirmar a presença de um desgaste provocado pelo contacto das arestas do *Float valve* com o interior do *Float seat*; marcas mais profundas observadas na superfície do *Float seat* podem evidenciar um desgaste suplementar não justificável pelo correto deslizamento entre as duas superfícies, podendo indicar que a presença de detritos entre as superfícies de contacto alteraram o normal funcionamento do conjunto, provocando um eventual bloqueio do *Float valve* no *Float seat*.

No changes were observed in the *Pin* component; in the *Joining component Float valve/Pin* the observed surface changes cannot be associated with any change in the correct functioning of the float.

The observations made on the contact surfaces between the *Float valve* and the *Float seat*, confirm the presence of wear caused by the contact of the edges of the *Float valve* with the interior of the *Float seat*; deeper marks observed on the surface of the *Float seat* may indicate additional wear not justifiable by the correct slip between the two surfaces and may indicate that the presence of debris between the contact surfaces has altered the normal operation of the assembly, causing a possible blockage of the *Float valve* in the *Float seat*.

Lisboa, 8 de Março de 2018 || Lisboa, 2018 March 8th

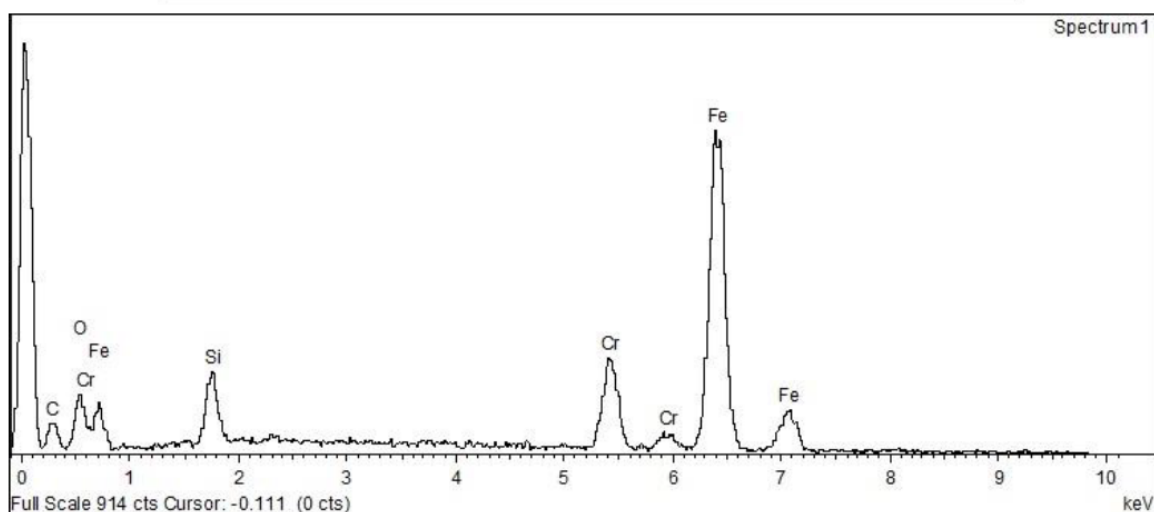
Virgínia Infante

Manuel Freitas

Anexo – Análises químicas | | Annex- Chemical analysis

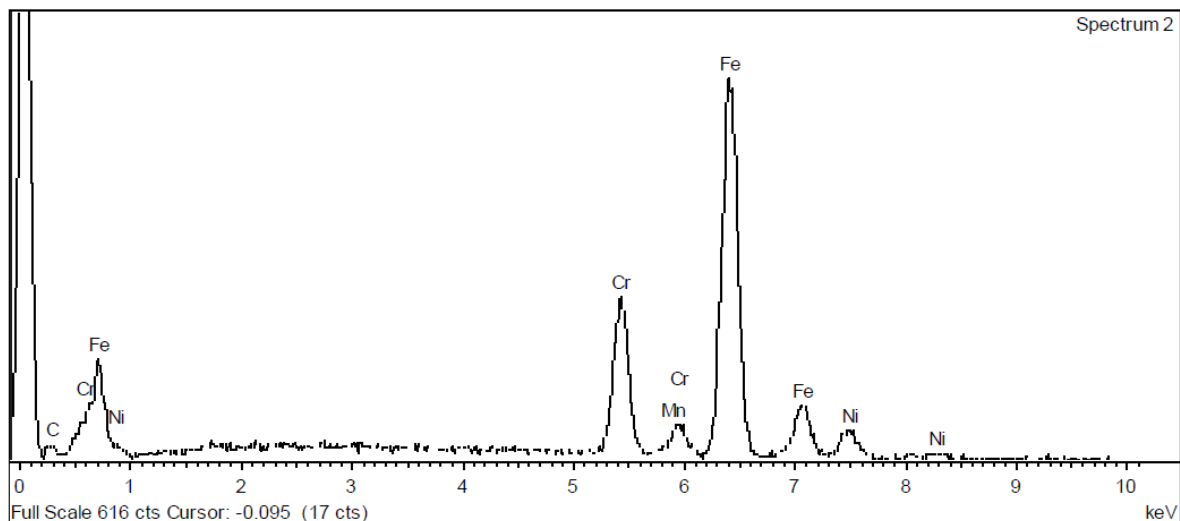
Medição 1 | | Measurement 1 – Pin

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
C K	2.37	0.4351	12.65	1.05	34.27
O K	3.70	1.0893	7.89	0.73	16.05
Si K	1.49	0.6918	5.01	0.19	5.80
Cr K	5.27	1.0831	11.30	0.30	7.07
Fe K	25.00	0.9194	63.15	0.96	36.80
Totals			100.00		



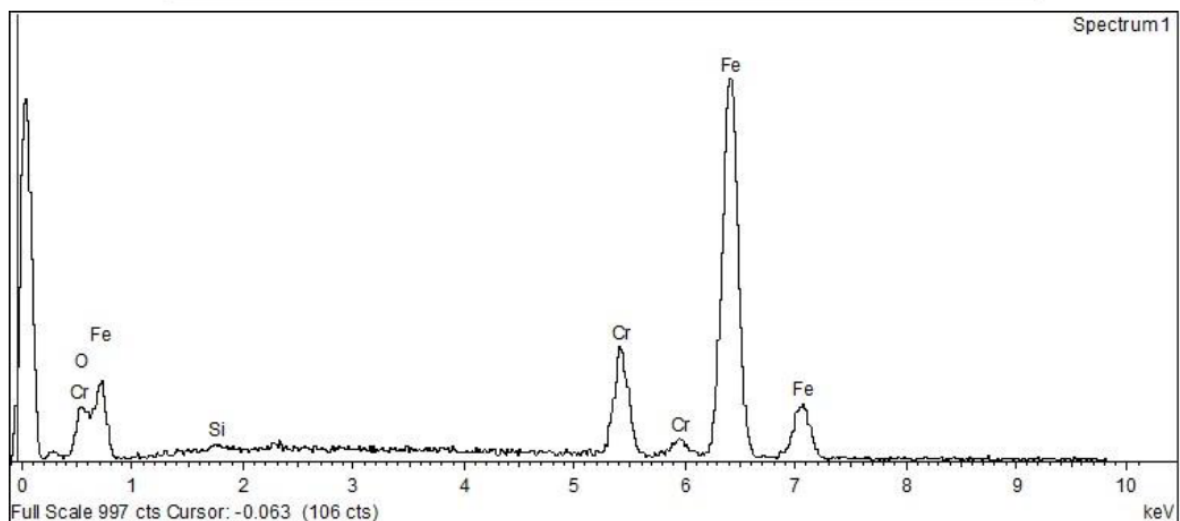
Medição 2 | | Measurement 2 - Joining component Float valve/Pin

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
C K	0.66	0.4389	5.18	0.94	20.08
Cr K	5.76	1.1203	17.75	0.41	15.91
Mn K	0.25	0.9700	0.88	0.30	0.74
Fe K	18.98	0.9601	68.31	0.85	57.00
Ni K	2.02	0.8846	7.89	0.41	6.26
Totals			100.00		



Medição 3 || Measurement 3 - Float valve

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	2.87	1.5008	4.74	0.65	14.61
Si K	0.14	0.6380	0.53	0.13	0.93
Cr K	6.18	1.1607	13.22	0.28	12.53
Fe K	31.61	0.9633	81.51	0.63	71.93
Totals			100.00		



Medição 4 || Measurement 4 - Float seat

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corn.		Sigma	
Cu K	67.47	0.9979	63.57	0.80	64.22
Zn K	38.87	1.0031	36.43	0.80	35.78
Totals			100.00		

