



Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes
com Aeronaves e de Acidentes Ferroviários
*Office for the Prevention and Investigation of Accidents
in Civil Aviation and Rail (SIA/NIB PT)*

AVIAÇÃO CIVIL

Vila Nova de Foz Côa, Guarda, Portugal

15 de julho de 2022, 18:50 UTC

Perda de controlo numa volta em subida - LOC-I

CIVIL AVIATION

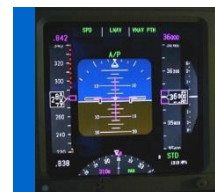
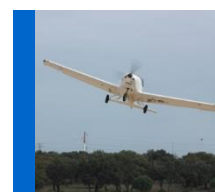
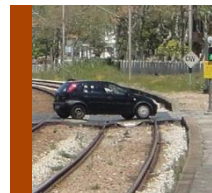
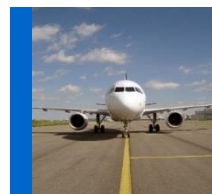
Vila Nova de Foz Côa, Guarda, Portugal

15th of July 2022, 18:50 UTC

Loss of control during a climbing turn - LOC-I

AIR TRACTOR, AT-802AF FIRE BOSS

AGRO-MONTIAR / CS-EDY



**RELATÓRIO FINAL DE
INVESTIGAÇÃO DE SEGURANÇA
DE ACIDENTE**

**ACCIDENT
SAFETY INVESTIGATION
FINAL REPORT**

[2022/ACCID/03]



**REPÚBLICA
PORTUGUESA**

INFRAESTRUTURAS

Editor || 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

Contactos || Contact information:

Telefone || Phone: (+ 351) 21 273 92 30

Notificação de acidentes/incidentes || Accident/incident notification (24/7):

(+351) 915 192 963

E-mail: geral@gpiaaf.gov.pt

Internet: www.gpiaaf.gov.pt

Desenho e Composição || Layout and graphic design:

GPIAAF

© GPIAAF · Lisboa, Portugal · 2023

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, printing, reproduction and distribution of this material is permitted, acknowledging GPIAAF – Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves e 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 of the material obtained from other agencies, private individuals or organisations, belongs to them. Where you wish to use their material you will need to contact them directly.

Nota: fotografia na capa por Luis André Diogo || Note: cover photo by Luis André Diogo.

Controlo documental || Document control

Informações sobre a publicação original Original publication details	
Título Title	Perda de controlo numa volta em subida em operação de combate a incêndio florestal Loss of control during a climbing turn in forest firefighting operation
Tipo de Documento Document title	Relatório de investigação de segurança Safety Investigation Report
N.º do Documento Document ID	AC_2022/ACCID/03_RF
Data de publicação Publication date	2023-10-31

Registo de alterações no caso do Relatório ter sido alterado após a sua publicação original Record of revisions, in case the report has been amended after 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.

No decurso da investigação foi mantido o contacto com as diversas partes envolvidas, incluindo a apresentação dos achados, conclusões e aspetos que iriam ser objeto de recomendações de segurança.

Para além dessa informação, 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:

ANAC (Portugal), ANEPC, EASA (UE), FAP, Operador, NTSB (USA) – Air Tractor & Wipaire, TSB (Canadá) - PW&C, Procuradoria-Geral da República (PGR).

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 from any other party whose interests may conflict with the tasks assigned to this Office.

Safety investigation is a technical process conducted only for the purpose of accident prevention and comprises the gathering and analysis of evidence, 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.

During the safety investigation, regular contact with the involved parties was maintained, including information on the findings, conclusions and areas to be covered by safety recommendations.

In addition to such contacts and in accordance 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:

Foram recebidos comentários do fabricante da aeronave, da PGR, do operador, da EASA, ANAC e FAP, 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 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. Nos casos especiais, em que outra unidade seja correntemente utilizada no meio aeronáutico, esta será indicada acompanhada da sua correspondência no SI.

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.

Todas as referências temporais mencionadas neste relatório, salvo indicação em contrário, são apresentadas em Tempo Universal Coordenado (UTC).

GPIAAF received comments from the aircraft manufacturer, from PGR, operator, EASA, ANAC and FAP, which were duly analysed and, when accepted, integrated into the text of this final report.

IMPORTANT NOTE:

This report was prepared only for the purpose of accident prevention. Its use for any other purpose 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. In special cases where a different unit is commonly used in the aeronautical sector, this will be preferably indicated, with the corresponding equivalence to SI.

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.

All the times mentioned in this report, unless otherwise indicated, are given in Coordinated Universal Time (UTC).

ÍNDICE || INDEX

	Sinopse Synopsis	09
	Glossário Glossary	12
1.	INFORMAÇÃO FACTUAL FACTUAL INFORMATION.....	13
1.1.	História do voo History of the flight	13
1.2.	Lesões Injuries to persons	16
1.3.	Danos na aeronave Damage to aircraft.....	16
1.4.	Outros danos Other damage	16
1.5.	Pessoas envolvidas Personnel information	17
1.5.1.	Piloto acidentado (A01) Accident pilot (A01).....	17
1.5.2.	Piloto asa (A09) Wingman pilot (A09)	18
1.6.	Informação sobre a aeronave Aircraft information	18
1.6.1.	Generalidades General	18
1.6.2.	Certificação Certification	20
1.6.3.	Aeronavegabilidade e Manutenção Airworthiness and Maintenance.....	21
1.6.4.	Sistema de recolha de água Water scooping system	21
1.6.5.	Massa e centragem Mass and balance.....	24
1.6.6.	Sistema de flaps Flap system.....	26
1.6.7.	Sistema avisador de perda Stall warning system	27
1.6.8.	Portas e saídas de emergência Doors and emergency exit.....	29
1.6.9.	Características de voo da aeronave Aircraft flight characteristics	31
1.7.	Informação meteorológica Meteorological information	33
1.8.	Ajudas à navegação Aids to navigation	35
1.9.	Comunicações Communications	35
1.10.	Informação do aeródromo Aerodrome information.....	36
1.11.	Gravadores de voo Flight recorders	36
1.12.	Destroços e informação sobre impactos Wreckage and impact information.....	37
1.13.	Informação médica e patológica Medical and pathological information	40
1.14.	Fogo Fire	40
1.15.	Aspetos de sobrevivência Survival aspects	41
1.16.	Ensaio e Pesquisas Tests and Research	42
1.16.1.	Estudo dos destroços do grupo moto-propulsor Powerplant wreckage study...	43
1.16.2.	Voo de validação das condições reais Real conditions validation flight	43
1.16.3.	Estimativa de trajetórias e dados do ar Air data and trajectories projection	46

1.16.4.	Coordenação das investigações de segurança e judiciais Safety and judicial investigations coordination	48
1.16.5.	Resultados laboratoriais do AAIB sobre os dados recolhidos do iPad do piloto AAIB laboratory results on the pilot iPad data	48
1.17.	Informação sobre organização e gestão Organizational and management information	49
1.18.	Informação adicional Additional information	51
1.19.	Técnicas de investigação úteis ou eficazes Useful or effective investigation techniques.....	52
2.	ANÁLISE ANALYSIS.....	54
2.1.	A missão de combate aéreo aos incêndios The aerial firefighting mission	54
2.2.	O modelo da aeronave AT-802AF Fire Boss The aircraft model AT-802AF Fire Boss	55
2.2.1.	Recolha de água Water scooping	57
2.2.2.	Massa e centragem Mass and balance.....	60
2.2.3.	Desempenho operacional da aeronave Aircraft performance	62
2.2.3.1.	Condições ambientais locais Local environment conditions	63
2.2.3.2.	Dados de qualidade de voo em volta Flight quality figures in a turn	64
2.3.	O operador The operator	67
2.3.1.	Treino dos pilotos Pilots training.....	67
2.3.2.	Políticas e procedimentos do operador Operator practices and policies.....	70
2.4.	O sistema de seguimento do contratante (FAP) The tracker system from the contractor (FAP).....	72
2.5.	Coordenação dos atos forenses Coordination of forensic acts.....	73
3.	CONCLUSÕES CONCLUSIONS.....	75
3.1.	Constatações da investigação Findings	75
3.1.1.	A aeronave The aircraft	75
3.1.2.	Tripulação Crew.....	75
3.1.3.	Operações de voo Flight operations	76
3.1.4.	Sobrevivência Survivability.....	77
3.2.	Causas/fatores contributivos Causes/contributing factors.....	77
3.2.1.	Causas prováveis Probable causes	77
3.2.2.	Fatores contributivos Contributing factors	77
4.	Recomendações Recommendations	79
4.1.	Ações de segurança tomadas desde o evento Safety actions taken after the event	79

4.1.1.	Pelo operador By operator	79
4.1.2.	Pela Procuradoria-Geral da República By Public Prosecutor's Office (PGR):	81
4.2.	Recomendações de segurança Safety recommendations.....	82
5.	APÊNDICES APPENDIXES.....	86
5.1.	Registo dos circuitos do A01 e A09 A01 and A09 aircraft circuit logs	86
5.2.	Air Tractor, Inc. – Service Letter #398 – Cockpit Door Latch Maintenance	93
5.3.	Principais resultados do voo de ensaio Main results from the test flights	95

Página intencionalmente em branco || Page intentionally blank

SINOPSE || SYNOPSIS

PROCESSO GPIAAF GPIAAF PROCESS ID 2022/ACCID/03		Classificação Classification Acidente Accident	
		Tipo de evento Type of event LOC-I – Perda de controlo em voo Loss of control inflight	
OCORRÊNCIA OCCURRENCE			
Data Date 15-Jul-2022	Hora Time 18:50 UTC	Local Location Vila Nova de Foz Côa, Guarda, Portugal	Coordenadas Coordinates 41°03'42.1" N,007°04'00.1" W
AERONAVE AIRCRAFT			
Tipo Type Air Tractor, AT-802AF Fire Boss		N.º de série Serial Nr. 802A-0733	Matrícula Registration CS-EDY
Categoria Category Avião asa fixa Fixed wing airplane		Operador Operator Agro-Montiar Lda.	
VOO FLIGHT			
Origem Origin LPVZ - Viseu		Destino Destination LPVZ - Viseu	
Tipo de voo Type of flight Trabalho Aéreo (Combate aos incêndios) Aerial Work (Fire fighting)		Tripulação Crew 01	Passageiros Passengers 00
Fase do voo Phase of flight Manobra Manoeuvring		Condições de luminosidade Lighting conditions Diurno Daylight	
CONSEQUÊNCIAS CONSEQUENCES			
Lesões Injuries	Tripulação Crew	Passageiros Passengers	Outros Other
Fatais Fatal	1	0	0
Graves Serious	0	0	0
Ligeiras Minor	0	0	N/A
Nenhuma None	0	0	N/A
Danos na aeronave Aircraft damage Destruída Destroyed		Outros danos Other damage Pequeno incêndio em vinha Small vineyard fire	

No dia 15 de julho 2022, pelas 17:20 UTC, foi ativada pelo serviço de proteção civil a parilha de aeronaves de combate aos incêndios baseada no aeródromo de Viseu. As duas aeronaves de marca Air Tractor, modelo AT-802AF Fire Boss com indicativos A01 e A09, descolaram em direção ao incêndio a Este da localidade de Peredo dos Castelhanos - Torre de Moncorvo.

Pelas 18:45, após informação às equipas no terreno de que realizariam a última descarga do dia, a aeronave líder da parilha, o A01 seguido do A09, fizeram uma última aproximação para carga de água.

Após realizar a carga no rio no mesmo ponto das anteriores, o A01 em linha de subida e em volta pela direita, já após ter livrado o topo do monte na margem esquerda do rio Douro, com uma cota de cerca de 330 metros (1080 ft), iniciou um

On July 15, 2022, at 17:20 UTC, the civil protection service activated a pair of firefighting aircraft based at Viseu airfield. The two Air Tractor aircraft, model AT-802AF Fire Boss with call-signs A01 and A09, took off towards the fire East of Peredo dos Castelhanos village - Torre de Moncorvo.

By 18:45, after informing the teams on the ground that they would perform the last discharge of the day, A01 followed by A09 made a last approach for water scooping.

After the water scooping in the river at the same spot as before, A01 climbed-out in a right-hand turn, and having already cleared the top of the hill on the left bank of the Douro River, with a height of about 330 meters (1080 feet), began an abrupt

movimento abrupto com nariz e asa direita em baixo. Tal movimento foi imediatamente seguido pela ação do piloto com a abertura em emergência da carga de água transportada.

Decorrente da perda de controlo e sem recuperar completamente a atitude, a aeronave colidiu inicialmente com a semi-asa e flutuador direitos num primeiro socalco, continuando com uma dinâmica de dissipação de energia pelos patamares seguintes, imobilizando-se a 45 metros do ponto de contacto inicial.

Após a violenta imobilização no solo, a aeronave incendiou-se tendo sido consumida pelas chamas.

O piloto do A01 não conseguiu sair da aeronave, sofrendo ferimentos fatais.

nose and right wing down movement. This movement was immediately followed by the pilot's action with the emergency water release.

Due to the loss of control and without regaining attitude, the aircraft initially collided with the right wing on a first terrace, continuing with an energy dissipation dynamic along the following terraces before coming to rest 45 meters from the initial contact point.

After coming violently to a stop, a fire ensued and the aircraft was consumed by the flames.

The A01 pilot was unable to egress the aircraft and was fatally injured.

Tipo de ocorrência || Occurrence type

LOC-I - Perda de controlo em voo numa volta em subida em operação de combate a incêndio florestal.

LOC-I - Inflight loss of control during a climbing turn in a forest firefighting operation.

Principais conclusões da Investigação || Investigation main conclusions

A perda de controlo da aeronave em subida e em volta após carga de água numa operação de combate a um incêndio rural foi identificada como a causa do acidente.

Loss of control of the aircraft while in the climb phase in a right turn, after water scooping during a rural firefighting operation was identified as the cause of the accident.

Contribuíram para o evento a prática continuada de voo lento, o método de carga de água realizado por referências visuais subjetivas sem indicação precisa da quantidade de água carregada, a condição de vento predominante com componente de cauda significativa e uma ausência de procedimentos do operador para a tomada de ações de mitigação após identificação, entre os pilotos, de um desvio à operação normal.

Contributing to the event were the continuous practice of slow flight, the water scooping method performed using subjective visual cues without a precise indication of the amount of water loaded, the prevailing wind condition with a significant tail component and the lack of operator's procedures with mitigation actions, among pilots, after identifying a deviation from normal operations.

Recomendações e seus destinatários || Recommendations and their addressees

As conclusões da investigação conduziram à emissão de três recomendações de segurança, duas ao operador e uma ao contratante e gestor dos serviços de combate aéreo aos incêndios florestais.

As a result of the investigation conclusions, three safety recommendations were issued, two to the operator and one to the aerial forest firefighting contractor.

Relativamente ao operador, foi identificado que o método de carregamento manual em uso,

Regarding the operator, it was identified that the manual scooping method in use, relies on an

depende de um sistema de aferição impreciso com limitações de visualização, exige aos pilotos um acréscimo de carga de trabalho numa técnica de estimativa não coerente com os requisitos de massa e centragem previstos pelo fabricante da aeronave.

A precisão necessária para os referidos cálculos de massa e centragem da aeronave não é compatível com o método utilizado e por esse motivo foi recomendado ao operador uma revisão da sua política de carregamento de água em operação anfíbia (*scooping*).

Foi também recomendado ao operador que detalhasse a sua matriz de avaliação e mitigação de riscos com os aspetos relevantes da operação de combate aos incêndios.

Ao gestor contratual dos meios aéreos foi recomendado uma revisão e alteração dos parâmetros de recolha de dados do sistema de seguimento a bordo das aeronaves, por forma a que fiquem disponíveis remotamente dados com uma amostragem superior.

imprecise gauging system with limited visual cues, requiring the pilots to increase their workload using an estimation technique that is not coherent with the mass and balance requirements foreseen by the aircraft manufacturer.

The required accuracy for the referred aircraft mass and balance calculations is not compatible with the method used and for this reason, the operator was recommended to review its water loading policy in amphibious operation (*scooping*).

The operator was also recommended to detail its risk assessment and mitigation matrix with the relevant aspects of the firefighting operation.

To the aerial firefighting contractor, it was recommended to review and change the on-board tracking system data gathering parameters on the aircraft in such a way that the remotely available data is recorded with a higher sampling rate.

GLOSSÁRIO || GLOSSARY

AAIB	Autoridade de Investigação Reino Unido Air Accidents Investigation Branch (UK)
AFM(S)	Manual de voo da aeronave (suplemento) Aircraft Flight Manual (Supplement)
ANAC	Autoridade Nacional da Aviação Civil National Civil Aviation Authority
ANEPC	Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil Emergency and Civil Protection National Authority
ARC	Certificado de revisão da aeronavegabilidade Airworthiness review certificate
ARO	Serviço de reporte de tráfego aéreo Air traffic services reporting office
EASA	Agência da União Europeia para a Segurança da Aviação European Union Aviation Safety Agency
ECMWF	Centro Europeu de Previsão do Tempo a Médio Prazo European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
FAP	Força Aérea Portuguesa Portuguese Air Force
FH	Horas de voo Flight hours
ft	Pé ou Pés (unidade de medida) Feet (dimensional unit)
GPIAAF	Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves e de Acidentes Ferroviários
GPS	Sistema de posicionamento global Global Positioning System
ICAO	Organização da aviação civil internacional International Civil Aviation Organization
ISA	Atmosfera padrão internacional International Standard Atmosphere
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
KIAS	Velocidade do ar indicada (nós) Knots-Indicated Air Speed
kt	Nó (= 1 milha náutica/hora = 1,852 km/h) Knot (= 1 NM/hour = 1,852 km/h)
MOV	Manual de operações de voo Flight operations manual
NTSB	National Transportation Safety Board
PIC	Piloto Comandante Pilot in command
RH	Lado direito Right hand
SHP	Potência no eixo (cavalo-vapor) Shaft horsepower
STC	Certificado de tipo suplementar Supplemental type certificate
TO	Teatro de Operações Theatre of Operations
TSN	Tempo desde fabrico Time Since New
TSO	Período de tempo desde grande inspeção Time Since Overhaul
UPRT	Treino em recuperação/prevenção de atitudes anormais Upset prevention and recovery training
USG	Galões dos Estados Unidos U.S. Gallons
UTC	Tempo Universal Coordenado Universal Time Coordinated

1. INFORMAÇÃO FACTUAL || FACTUAL INFORMATION

1.1. História do voo || History of the flight

No dia 15 de julho 2022, pelas 17:20 UTC, foi ativada pelo serviço de proteção civil a parelha de aeronaves de combate aos incêndios baseada no aeródromo de Viseu. As duas aeronaves Air Tractor, modelo AT-802AF Fire Boss com indicativos A01 e A09 descolaram em direção ao incêndio localizado a Este da localidade de Peredo dos Castelhanos - Torre de Moncorvo.

Ao chegarem ao local, após reconhecimento da área de trabalho e em coordenação com as equipas de combate ao incêndio no terreno, a parelha liderada pelo A01 realizou a primeira amargem para recolha/carga de água no rio Douro no sentido jusante-montante, junto à foz do Rio Côa no ponto de *scooping*¹ eleito para a missão, o ponto 86 das cartas do operador.

Seguindo os procedimentos do operador, com o A01 a liderar as trajetórias da parelha e a coordenar com as equipas no terreno, ambas as aeronaves realizaram com sucesso o primeiro *scooping*, tendo o piloto do A09 referido que teve dificuldades em manter a separação relativamente ao A01 durante a subida por diferenças de velocidade das aeronaves, estando o A09 mais rápido que o A01.

Esta dificuldade levou o piloto do A09 a optar por uma volta à esquerda aproveitando um rumo direto ao fogo, não seguindo o líder que realizou uma volta de 270° pela direita (ver secção 5.1 para detalhe gráfico).

Esta condição manteve-se no circuito seguinte (segundo) até que o A09 decidiu alongar as voltas e pré configurar a aeronave por forma a manter a separação entre as aeronaves. Esta estratégia permitiu ao piloto do A09 seguir as trajetórias do A01 no terceiro e quarto circuitos.

Segundo as declarações do piloto do A09, este terá comentado no rádio com o piloto do A01, em dois momentos distintos, a opção de realizarem os circuitos com volta à esquerda, evitando as

On July 15th, 2022, at 17:20 UTC, the civil protection service activated a pair of firefighting aircraft based at Viseu airfield. The two Air Tractor aircraft, model AT-802AF Fire Boss with call-signs A01 and A09, took off towards the fire East of Peredo dos Castelhanos village - Torre de Moncorvo.

Upon arriving at the site, and after reconnaissance of the work area and in coordination with the fire-fighting teams on the ground, the formation led by A01 performed the first water landing for water scooping¹ in the Douro River in the direction down-stream-upstream, near the mouth of the Côa River on the operator scooping point 86.

Following the operator's procedures, with A01 leading the formation's trajectories and coordinating with teams on the ground, both aircraft successfully performed the first scooping, with the A09 pilot reporting that he had difficulty maintaining separation from A01 during the ascent due to differences in aircraft speed, A09 being faster than A01.

This difficulty led the A09 pilot to opt for a left turn taking advantage of a direct heading to the fire, not following the leader who made a 270° turn to the right. (See section 5.1 for detail)

This condition remained in the following circuit (second) until A09 decided to lengthen the turns and preconfigure the aircraft in order to maintain the separation between the aircraft. This strategy allowed the A09 pilot to follow A01's trajectories on the third and fourth circuits.

According to the A09 pilot statements, he commented on the radio with the A01 driver, at two different moments, the option of performing the circuits with a left turn, avoiding the 270°

¹ *Scooping* – Ação de recolha de água pelo sistema da aeronave || Water scooping using the a/c system

voltas de 270° pela direita. A opção foi descartada pelo piloto do A01 referindo que mantinha a decisão de volta pela direita e que depois iria explicar o motivo desta opção quando aterrassem.

No quinto circuito o piloto do A09 voltou a ter dificuldades em manter a separação do A01 tendo optado novamente por uma volta à esquerda, juntando-se em sequência ao A01 na aproximação ao incêndio para largada conforme os procedimentos estabelecidos. O piloto do A09 declarou à investigação que a atitude em voo do A01 lhe parecia demasiado cabrada².

Os dados transmitidos pelo *tracker* a bordo das aeronaves revelaram as trajetórias, altitudes e velocidades de ambas as aeronaves, sendo possível comparar a performance de ambas durante toda a missão.

Nota: *As trajetórias de ambas as aeronaves com os respetivos valores de altitude, velocidade sobre o terreno e razão de subida são apresentadas na secção 5.1, estando os 6 circuitos separados para facilitar ao leitor a compreensão e interpretação dos dados.*

Pelas 18:45, após informação às equipas no terreno de que realizariam a última descarga do dia, o A01 seguido do A09 fizeram uma última aproximação para carga de água utilizando o mesmo ponto de *scooping*.

Após realizar a carga no rio, o A01, em linha de subida em volta pela direita, já após ter livrado o topo do monte da margem esquerda do rio Douro, com uma cota de cerca de 330 metros (1080 ft), iniciou um movimento abrupto com nariz e asa direita em baixo. Tal movimento foi imediatamente seguido pela ação do piloto com a abertura em emergência da carga de água transportada.

Decorrente da perda de controlo e sem recuperar totalmente a atitude, a aeronave colidiu inicialmente com a semi-asa e flutuador direitos no solo num primeiro socalco, continuando com uma dinâmica de dissipação de energia pelos patamares seguintes imobilizando-se a 45 metros do ponto de contacto inicial.

Após a violenta imobilização e atendendo à provável rutura do tanque de combustível direito

turns to the right. The option was ruled out by the A01 pilot stating that he maintained the decision to turn to the right and that he would later explain the reason for this option when they landed.

During the fifth circuit the pilot of A09 again had difficulties in maintaining the separation with A01 having opted again for a left turn, joining A01 subsequently in the approach to the fire to release the water according to the established procedures. The pilot of A09 told the investigation that A01's flight attitude appeared to be excessively pitched² (nose-up).

The data transmitted by the tracker on board the aircraft revealed the trajectories, altitudes and speeds of both aircraft, making it possible to compare the performance of both aircraft throughout the mission.

Note: *The trajectories of both aircraft with their respective values of altitude, speed over the terrain and rate of climb are presented in section 5.1, the 6 circuits being separated to facilitate the reader's understanding and the data interpretation.*

By 18:45, after informing the teams on the ground that they would perform the last water bombing of the day, A01 followed by A09 made a last approach for water scooping, using the same scooping point.

After loading the water in the river, A01 climbed-out in a right-hand turn, and having already cleared the top of the hill on the left bank of the Douro River, with a height of about 330 meters (1080 ft), began an abrupt nose and right wing down movement. This movement was immediately followed by the pilot's action with the emergency water load release.

Due to the loss of control and without regaining attitude, the aircraft initially collided with the right wing on a first terrace, continuing with an energy dissipation dynamic along the following terraces before coming to rest 45 meters from the initial contact point.

After coming violently to a stop and given the probable right fuel tank rupture in the initial

² Atitude da aeronave cabrada ou de nariz em cima || A pitch motion is an up or down movement of the nose of the aircraft.

nos primeiros contactos com o solo e consequente dispersão de combustível, a aeronave incendiou-se de imediato com explosão dos tanques de combustível, tendo sido consumida pelas chamas.

O piloto não conseguiu abandonar a aeronave em tempo útil tendo sofrido ferimentos fatais por ação do fogo intenso.

A tripulação de uma aeronave Canadair CL-215 (B02) no mesmo teatro de operações a seguir uma trajetória semelhante sobre o rio, visualizou a queda e consequente incêndio do A01, precipitou-se para o local onde realizou uma largada de água sobre a aeronave em chamas enquanto comunicava o acidente aos serviços de informação de voo.

O piloto do A09 que também assistiu à dinâmica do acidente, realizou uma volta de 360°, efetuando também uma largada de água sobre os destroços e regressou ao aeródromo de Viseu onde aterrou em segurança.

contacts with the ground and consequent dispersion of fuel, the aircraft immediately caught fire with fuel tanks explosion, being subsequently consumed by the flames.

The pilot was unable to egress the aircraft in time having suffered fatal injuries from the intense fire.

The crew of a Canadair CL-215 (B02) aircraft in the same theatre of operations and following a similar trajectory over the river, saw the crash and consequent fire of A01, and rushed overhead where they released water on the wreckage of the burning aircraft while communicating the accident to the air traffic services.

The pilot of A09 who also saw the accident dynamics, made a 360° turn, also released his water over the wreckage and returned to Viseu airfield where he landed safely.



Figura 1 || Figure 1
 Posição e condição final da aeronave acidentada || Accident aircraft final position and condition

Ao local acorreram as forças de segurança e as corporações de bombeiros locais, dominando rapidamente o pequeno incêndio que se alastrou à vinha.

O GPIAAF foi notificado às 19:04, tendo deslocado uma equipa de investigação de aviação civil para o local. Esta iniciou os trabalhos no terreno na manhã do dia seguinte, prosseguindo com as entrevistas a testemunhas e recolha de informação.

Local security forces and fire brigades rushed to the scene, quickly extinguished the fire which had spread to the vines nearby.

GPIAAF was notified at 19:04, and a civil aviation investigation team travelled to the accident site. It began work on site on the following morning, followed by interviews with witnesses and gathering of information.

1.2. Lesões || Injuries to persons

Lesões Injuries	Tripulantes Crew	Passageiros Passengers	Outros Others
Fatais Fatal	1	0	0
Graves Serious	0	0	0
Ligeiras Minor	0	0	0
Nenhumas None	0	0	n/a
TOTAL	1	0	0

1.3. Danos na aeronave || Damage to aircraft

A aeronave ficou destruída em resultado do impacto com o solo tendo sido parcialmente consumida pelo fogo intenso na pós-colisão. Foram encontrados todos os componentes principais da aeronave no local do acidente.

Com base no exame dos destroços, a aeronave atingiu o solo com uma atitude de nariz e asa direita em baixo. As assinaturas dos danos nas pás da hélice indicam que o motor estava a desenvolver potência no momento do impacto.

The aircraft was destroyed on impact and partially consumed by post-crash intense fire. All aircraft major components were accounted for at the accident site.

Based on the wreckage examination, the aircraft struck the ground in a nose and right wing down attitude. The witness marks on the propeller blades indicate that the engine was developing power at the time of impact.

1.4. Outros danos || Other damage

O embate da aeronave nos socos da vinha danificou videiras e oliveiras, provocando um pequeno incêndio na vinha, rapidamente controlado pelos bombeiros.

The impact of the aircraft on the terraces of the vineyard damaged some vines and olive trees and caused a small fire in the vineyard which was quickly extinguished by local fire brigades.

1.5. Pessoas envolvidas || Personnel information

1.5.1. Piloto acidentado (A01) || Accident pilot (A01)

O piloto, do sexo masculino, 38 anos de idade, de nacionalidade portuguesa, era titular de uma licença de piloto comercial (Avião), com qualificações tipo AT-4/5/6/8 SET e de um certificado médico classe 1, ambos válidos à data do evento.

The pilot, male, 38 years old, Portuguese nationality, was the holder of a commercial pilot's license (Airplane), with qualifications in type AT-4/5/6/8 SET and a class 1 medical certificate, both valid at the date of the event.

O piloto iniciou o seu percurso aeronáutico na Força Aérea Portuguesa onde obteve várias qualificações em C-295M, incluindo instrutor de voo. Iniciou depois um curso de qualificação tipo em Airbus A320, até ingressar no operador de combate aos incêndios em 2021 onde realizou as formações necessárias para averbamento do AT-8. Já em 2022 e após ter realizado as formações recorrentes aplicáveis, o piloto foi autorizado em 10 de maio de 2022 pela ANAC “a efetuar voos de FIRE FIGHTING, no espaço aéreo português, em aeronaves AT-4/5/6/8 SET durante um (1) ano”. Realizava a sua segunda campanha de combate a fogos florestais tendo sido chamado pelo responsável das operações a liderar algumas missões.

The pilot began his aeronautical career in the Portuguese Air Force where he obtained several qualifications on the C-295M, including flight instructor. He then started a type qualification course on the Airbus A320, until joining the firefighting operator in 2021 where he carried out the necessary training for the AT-8 endorsement. Already in 2022 and after having carried out the applicable recurring trainings, the pilot was authorized on May 10, 2022 by ANAC "to perform FIRE FIGHTING flights, in Portuguese airspace, on AT-4/5/6/8 SET aircraft for one (1) year". He was conducting his second campaign to fight forest fires and was called by the head of operations to lead some missions.

Nas semanas anteriores ao acidente, o piloto gozou de 10 dias de folga, de 25/06 a 04/07, seguidos de dois dias como piloto de reserva sem voos assignados. No período de 07 a 15 de julho, dia do acidente, registou um total de 45 horas de voo. No dia do acidente estava assignado como piloto de reserva tendo sido nomeado para voar em substituição de um colega que seria o líder da parelha no voo do acidente. O piloto realizou ainda um voo em número 2 na parelha na manhã do dia do acidente.

In the weeks prior to the accident, the pilot spent 10 days off, from 6/25 to 7/4, followed by two days as a stand-by pilot with no assigned flights. In the period from July 7 to 15, the day of the accident, he had logged a total of 45 flight hours. On the day of the accident, he was assigned as a stand-by pilot having been assigned to fly instead of a colleague who would be the formation leader on the accident flight. The pilot also performed a flight as a wingman in the morning on the day of the accident.

	PILOTO PILOT
DETALHES PESSOAIS PERSONAL DETAILS	
Nacionalidade Nationality:	Portuguesa Portuguese
Idade Age:	38
LICENÇA DE TRIPULANTE TÉCNICO FLIGHT CREW LICENCE	
Tipo Type:	CPL(A)
Habilitações Ratings:	AT – 4/5/6/8 SET
Validade Validity:	2022-11-30
Entidade Emissora Issuing Authority:	ANAC
EXPERIÊNCIA DE VOO FLIGHT EXPERIENCE	
Horas de voo totais Total flight hours:	2641h – 2050h (PIC)
Horas de voo no tipo Flight hours on type:	159h

A semana do voo do acidente foi a semana com maior número de horas (34:30) registadas pelo piloto ao serviço do operador com uma sequência de 9 dias de voos, totalizando as referidas 45 horas no período.

Os registos mostram que o voo do acidente foi o seu primeiro voo na aeronave acidentada.

Segundo os mesmos registos de período de serviço de voo, o piloto cumpria com os regulamentos relativamente aos limites de tempo de serviço e descanso diários.

A análise à documentação revelou que o piloto tinha as licenças e qualificações necessárias para o voo de acordo com a regulamentação aplicável.

The week of the accident flight was the week with the highest number of hours (34:30) recorded by the pilot working for the operator with a sequence of 9 days of flights, totalling the aforementioned 45 hours in the period.

Records show that the accident flight was his first flight in the crashed aircraft.

According to the same flight duty time records, the pilot complied with the regulations regarding the limits of daily duty and rest time.

The documentation review revealed that the pilot had the necessary licenses and qualifications for the flight in accordance with the applicable regulations.

1.5.2. Piloto asa (A09) || Wingman pilot (A09)

Os registos do piloto que voava em número 2 na parelha, denominado de piloto asa, evidenciam uma experiência em trabalhos agroflorestais com mais de 4.000 horas de voo.

Contava com cerca de 1.100 horas nas versões terrestres do Air Tractor. Na versão anfíbia Fire Boss tinha registado 86:35 horas, sendo a sua primeira campanha de combate aos incêndios.

The pilot records who flew as number 2 in the formation, called the wing pilot, show an experience in agroforestry aerial work with more than 4,000 flight hours.

He had about 1,100 hours on the landplane versions of the Air Tractor. In the amphibious version Fire Boss he had logged 86:35 hours, during what was his first firefighting campaign.

1.6. Informação sobre a aeronave || Aircraft information

1.6.1. Generalidades || General

O Air Tractor AT-802 é uma aeronave monoplano de asa baixa de construção metálica, projetada para operações agrícolas e de combate aos incêndios. A fuselagem é de construção tubular revestida por painéis em alumínio. É equipada com um motor turboélice Pratt & Whitney PT6A. O CS-EDY estava equipado com o motor PT6A-67F com incremento opcional de potência totalizando 1600 SHP. Utilizava uma hélice Hartzell de cinco pás de velocidade constante da série 67 com possibilidade de reversão de potência e com 118 polegadas de diâmetro. O *hopper*³ em fibra de vidro tem uma capacidade para transportar 820 galões na configuração de

The Air Tractor AT-802 is an all-metal low-wing monoplane, especially designed for agricultural and firefighting operations. The tubular construction airframe is covered with aluminium skin panels. It is powered by a Pratt & Whitney PT6A turboprop engine.

CS-EDY was equipped with the optional improved power PT6A-67F engine which is rated at 1600 SHP. The propeller is a 67 series Hartzell five-blade constant speed prop with reversing capabilities and with 118-inch diameter.

The hopper is made of fiberglass with capacity of 820 gallons for firefighting. The horizontal stabilizer is all metal and strut-braced for added

³ Hopper - Caçamba ou recipiente destinado ao transporte da água. Será mantida esta designação original para facilitar o entendimento técnico.

combate aos incêndios. O estabilizador horizontal é de construção metálica com contraventamento. Os lemes de profundidade e direção são também de construção metálica. Dispõe de flaps elétricos para otimização de desempenho, distâncias de decolagem e aterragem.

rigidity. The elevators and rudder are of all-metal construction.

The aircraft is equipped with high-lift electrical actuated flaps to improve performance and to provide short take-off and landing distances.



Figura 2 || Figure 2

Aspeto geral da aeronave e do motor || Aircraft and engine overview

Com uma massa máxima à decolagem de 16000 libras (7257 kg) na configuração de combate aos incêndios, com uma carga máxima do *hopper* de 8800 libras (3992 kg) localizadas a +20,5in (520 mm) do ponto de referência localizado no bordo de ataque da asa. O centro de gravidade (CG) da aeronave pode variar entre +23,0 (584 mm) e +27,0 in (868 mm) com a mesma referência.

With a maximum take-off mass of 16,000 lb (7257 kg) in fire bomber configuration, having a maximum hopper load 8,800 lb. (3992 kg) (at +20.5 in (520 mm) on the reference datum located on wing leading edge), the centre of gravity-CG may range from +23.0 (584 mm) to +27.0 (868 mm) in having the same datum point.

O motor PT6A-67F é uma versão especial da série PT6A-67 de motores para aplicação na aviação militar e de combate aos incêndios com um consumo de combustível de aproximadamente 330 litros por hora.

The PT6A-67F is a special purpose version of the PT6A-67 series of engines intended for use in military and firefighting aviation with a fuel consumption of about ~330 litres per hour.

A aeronave acidentada incorporou uma modificação suplementar (STC) aprovada pela EASA (10015353-R4) referente à conversão para versão anfíbia da aeronave com a instalação do sistema de flutuadores Wipaire Model 10000

The accident aircraft incorporated a supplementary modification (STC) approved by EASA (10015353-R4) regarding the conversion to amphibious version with the installation of the

Amphibious floats, tendo como base de aprovação da FAA o STC SA01795CH.

O fabricante da referida modificação desenhou uma outra modificação denominada *Stall Improvement Array* aprovada pelo STC SA01916CH com o objetivo de aumentar as margens de perda aerodinâmica em todas as configurações de massa operacional e aumentar a controlabilidade da aeronave em baixas velocidades.

A versão anfíbia evoluiu assim com a adição de geradores de vórtice no estabilizador horizontal e bordo de ataque da asa. O estabilizador horizontal foi modificado para instalação de estabilizadores verticais, um na parte superior e outro na parte inferior, totalizando 4 por aeronave. As dimensões do compensador do leme de profundidade foram aumentadas em uma polegada (25,4 mm) para melhor gestão das forças aplicadas pelo piloto.

A estrutura da asa não contraventada incorpora uma longarina principal que suporta todas as cargas de flexão. A sua construção conta com um revestimento e alma da longarina em alumínio 2024-T3 Alclad, com os banzos em liga de aço. A asa tem uma corda constante de 81.4 in (2,06 metros) e uma envergadura de 59,25 pés (18,05 metros).

Segundo declarações de vários pilotos que voaram a aeronave acidentada nos dias anteriores, não era perceptível qualquer diferença de performance desta aeronave comparativamente às outras ao serviço do operador.

1.6.2. Certificação || Certification

Os registos da aeronave referem que esta foi fabricada pela Air Tractor em 2018 seguindo os requisitos da FAR23, base de aprovação para o certificado de tipo EASA.IM.A.274. A aeronave teve um registo inicial de certificação N40257 seguido de EC-MXI até fevereiro de 2022 onde incorporou as marcas de nacionalidade e matrícula, CS-EDY.

Wipaíre Model 10000 Amphibious floats system, based on FAA approval STC SA01795CH.

The manufacturer of this STC modification has designed another modification called the Stall Improvement Array approved by STC SA01916CH with the aim of increasing aerodynamic loss margins in all operational mass configurations and increasing the aircraft controllability at low speeds.

The amphibious version was improved with wing and horizontal stabilizer leading edge vortex generators.

The horizontal stabilizer was modified for installation of vertical finlets, one on the topside and one on the lower side, a total of 4 per aircraft. The elevator servo tab has been modified to add one inch to the tab cord for management of the pilot forces applied.

The wing structure is full cantilever, with the main spar carrying all bending loads. Construction is of 2024-T3 Alclad for skins and spar webs and having the upper spar cap and the lower spar cap made of alloy steel. The wing has a constant chord of 81.4 inches and a span of 59.25 ft.

According to statements by several pilots who flew the accident aircraft in the previous days, no difference was noticeable in the performance of this aircraft compared with the others in service at the operator.

The aircraft records state that it was manufactured by Air Tractor in 2018 following the requirements of FAR23, the basis of approval for the type certificate EASA.IM.A.274. The aircraft had an initial registration for certification N40257, followed by EC-MXI until February 2022 where it received the national registration marks, CS-EDY.

Referência Reference	Aeronave Airframe	Motor Engine	Hélice Propeller
Fabricante Manufacture	Air Tractor, Inc	Pratt & Whitney	Hartzell
Tipo/Modelo Type/Model	AT-802A	PT6A-67F	HC-B5MA-3D
N.º de Série Serial Nr	802A-0733	PCE-RZ0240	HBA2262
Ano de construção Year of construction	2018	2017	2018
Tempo desde Novo T S N	389:05	389:05	389:05
Tempo desde última inspeção T S L I	03:00	74:35	74:35
Data da última Inspeção Last Insp. Date	15/07/2022	17/12/2021	17/12/2021

A documentação evidenciava uma condição aeronavegável, devidamente mantida pelo operador seguindo os requisitos das Part M e 145 dos regulamentos da EASA.

The documentation demonstrated an airworthy condition and the aircraft was duly maintained by the operator in accordance with the Part M and 145 of the EASA requirements and regulations.

1.6.3. Aeronavegabilidade e Manutenção || Airworthiness and Maintenance

A aeronave foi sujeita à sua última avaliação de aeronavegabilidade com a respetiva emissão do seu ARC pela ANAC a 12/05/2022.

The last aircraft airworthiness review was conducted on 12/05/2022 with the respective ARC issuance by ANAC.

A última intervenção de manutenção programada foi registada no próprio dia do acidente referente a uma inspeção e lubrificação aos trens de aterragem dos flutuadores (FI-L25Wp), sem anomalias registadas. A aeronave realizou dois voos antes do voo do acidente com outro piloto, um dos quais após a referida intervenção de manutenção sem qualquer reporte de anomalias ou defeitos.

The last scheduled maintenance check was recorded on the same day of the accident regarding an inspection and lubrication of the float landing gears (FI-L25Wp), with no anomalies recorded. The aircraft performed two flights prior to the accident flight with another pilot, one of which after the aforementioned maintenance intervention without reporting any anomalies or defects.

A verificação documental de manutenção da aeronave não identificou qualquer problema que pudesse afetar a operação da aeronave.

Aircraft’s maintenance documentation examination did not reveal any issues that would have been detrimental to the operation.

1.6.4. Sistema de recolha de água || Water scooping system

O sistema anfíbio Wipaire Fire Boss possui dois coletores de recolha de água (conchas ou *scoops* na designação original) de 75 milímetros de diâmetro, uma por flutuador. Os coletores são operados hidraulicamente com a ajuda de um acumulador para aumentar a velocidade de extensão e retração do coletor, permitindo um ciclo completo de descida ou subida em aproximadamente um segundo.

The amphibian Wipaire Fire Boss system has two water scoops of 75 millimetres in diameter, one in each float. The scoops are hydraulically operated with the help of an accumulator to enhance the speed of scoop deployment and retraction, allowing a complete down or up cycle in approximately one second.

O interruptor principal do sistema está localizado no painel (item 3 na figura 3) e possui três posições, automático, desligado e manual. Quando o modo manual é selecionado, um

The scoop system master switch is located on the panel (switch 3 in figure 3) and has three positions, auto, off, and manual. When manual is selected, a trigger switch located on the front of the control stick grip controls the scoops. Pulling in the top of the trigger switch puts the scoops

interruptor tipo gatilho localizado no manche baixa os coletores. Ao soltar o referido gatilho, os coletores recolhem. Em caso de emergência, o piloto pode abortar a operação de recolha de água simplesmente soltando o gatilho basculante que fará subir os coletores.

Ao optar pelo sistema no modo manual, não há proteções de limitação ou transbordo da carga do hopper. O manual descreve:

down. Releasing the trigger switch puts the scoops back up. In an emergency or unplanned occurrence, the pilot can abort the scoop operation by simply releasing the rocker switch which will retract the scoops.

Using the system in manual mode, there are no protections to limit the hopper load or overflow. The manual describes:

CAUTION!!

In the manual position, it is possible to overflow the hopper.

Quando o sistema é operado em modo automático, usando um sistema de boia instalada pelo DRWG 7D1-4402 do fabricante, o piloto pode selecionar quantos galões pretende recolher pela seleção do botão de nível de enchimento, item 2 mostrado na figura 3, localizado à direita do indicador de quantidade do *hopper* (item 1 na figura 3). Em modo automático, os coletores descem quando o gatilho basculante é pressionado e recolhem automaticamente quando a quantidade selecionada for atingida (ainda que o gatilho basculante se mantenha pressionado). Caso o gatilho basculante seja libertado antes de atingir a quantidade selecionada, os coletores voltarão à posição recolhida; assim, caso o piloto aborte a operação da recolha uma vez iniciada numa situação de emergência, basta que solte o gatilho para recolher os coletores. As luzes de posição dos coletores (luzes 4 na figura 3) indicam a posição do coletor através dos sensores localizados nos respetivos atuadores. O sistema dispõe de luz de aviso em caso de posição assimétrica dos coletores onde a luz acende e um aviso sonoro será audível quando os coletores não estiverem ambos na mesma posição.

O operador declarou que os seus operacionais eram treinados para usarem apenas o sistema de *scooping* em modo manual.

Não há registos ou reportes de quaisquer problemas com estes sistemas de recolha e largada de água da aeronave acidentada, quer em voos anteriores ou durante o voo do acidente.

When auto mode is selected, taking full advantage of the pickup probe system float installed per manufacturer DRWG 7D1-4402, the pilot may select how many gallons he/she wants to scoop by rotating the fill level selector knob 2 shown on figure 3 located to the right side of the hopper quantity and fill level readout window (display 1 on figure 3). With auto selected, the scoops will go down when the rocker switch is depressed and move back up automatically when the quantity selected reached (even with the rocker switch still depressed). If the rocker switch is released before the quantity is reached, the scoops will move back up, thus, if the pilot wants to abort the scoop operation once it is initiated, simply releasing the rocket switch will put the scoops back up, such as in an emergency or other unplanned occurrence. Scoop up and scoop down lights (lights 4 on figure 3) are provided to indicate scoop position via position sensors on the probe jack cylinder that activate the light. An asymmetrical scoop light and audio warning are also provided. A light will illuminate and an audio warning will announce when one probe is down and the other probe is up.

The operator stated that its operatives were trained to use only the scooping system in manual mode.

There are no records or reports of issues with this system in the accident aircraft, on previous flights or during the accident flight.



Figura 3 || Figure 3

Sistema de gestão de recolha de água e carga do hopper || Water scooping and hopper load management system

Os flutuadores Wipline 10000 estão equipados com um sistema de drenagem automático. No caso de infiltração nos compartimentos, ductos ou coletores, duas bombas de sucção em operação automática localizadas em ambos os flutuadores, bombeiam a água do interior do flutuador. As bombas possuem um sensor de nível que controla a operação das mesmas, assim como uma luz âmbar de indicação (item 5 na figura 3) que indica a operação da bomba. O sistema dispõe ainda de uma luz de advertência vermelha “Water in float” (item 6 na figura 3) complementada com um aviso sonoro, ambos ativados aproximadamente a 1/3 da capacidade de cada compartimento.

O manual do operador refere e os pilotos do operador confirmaram que são treinados para terminar a missão no caso de ativação da referida luz vermelha de alerta.

A aeronave estava ainda equipada com um sistema de descarga computadorizado instalado pelo desenho do fabricante DRWG 80540, sistema que o operador usava apenas em situações particulares, dando também primazia ao sistema de descarga em modo manual.

An automatic bilge system was installed on both step compartments of the Wipline 10000 floats. In the event of a breach in the compartment or scoop ducts, two automatic bilge pumps located in the step compartments of both floats will pump bilge water overboard.

The pump has a level switch that controls the pump and there is an amber light (light 5 on figure 3) which becomes illuminated during water pumping. There is also a red “Water in float” warning light (light 6 on figure 3) and an audible voice warning, both activated approximately 1/3 of the way up the step compartment.

The operator manual mentions and the operator pilots confirmed that they are trained to terminate the scoop operations if the red warning light is activated.

The aircraft was also equipped with a computerized fire bomber gate and vent system installed by the manufacturer drawing DRWG 80540, a system that the operator used only in particular situations, also giving primacy to the manual discharge system.

1.6.5. Massa e centragem || Mass and balance

O último relatório de pesagem e centragem da aeronave foi realizado em julho de 2019, referindo uma massa básica em vazio (BEM) de 9101 lb (4128 kg) e, de acordo com o suplemento Airplane Flight Manual (AFM), a massa máxima permitida à decolagem é de 16000 lb (7257 kg).

O operador predeterminou quatro configurações de massa e centragem aplicáveis à sua operação com as variações de carga do *hopper* tendo em consideração a massa básica da aeronave (BEM), aeronave sem combustível (ZFM) e quantidades de espuma retardante a bordo.

É política do operador a obrigatoriedade de os pilotos aferirem as condições locais e os valores de BEM, ZFM, espuma e dados de desempenho da aeronave para determinar a carga a ser carregada, garantindo que os voos sejam realizados próximo do MTOM da aeronave por forma a aumentar a eficiência durante o combate aos incêndios. Os pilotos possuem uma tabela de carregamento de referência rápida, produzida pela companhia, permitindo quatro configurações pré-determinadas. Após a opção de configuração inicial de A a E escolhida para a decolagem, o piloto usa os valores tabelados como referência para ajustar a carga do *hopper* em função do combustível e espuma a bordo, garantindo que o MTOM não é ultrapassado.

A opção do voo do acidente correspondia à opção A, com decolagem com 100% combustível e *hopper* vazio. Estimando o consumo de combustível durante o voo para o incêndio e os cinco carregamentos anteriores, o *hopper* não poderia ser abastecido acima dos 580 galões (USG) no *scooping* do acidente, por forma a manter a massa máxima abaixo das 16000 libras.

A carga máxima permitida no *hopper* da aeronave, considerando o mínimo de 300 litros de combustível para cumprir com a política de mínimo combustível do operador é de 730 USG.

A figura abaixo, à direita, expressa o carregamento com indicação do *hopper* no solo (GROUND) de 525 e em voo (FLIGHT) de 590 galões, valor aproximado do máximo permitido para a configuração no momento do acidente.

The last weight and balance report for the aircraft performed in July 2019 showed its basic empty mass (BEM) of 9101 lb (4128 kg) and according to Airplane Flight Manual (AFM) supplement, the maximum take-off mass was 16000 lb (7257 kg).

The operator has predetermined four mass and balance configurations applicable to its operation with hopper load variations taking into account the aircraft's basic mass (BEM), zero fuel mass (ZFM) and retardant foam quantity on board.

It is operator policy that the pilots need to access the local conditions and aircraft BEM, ZFM, foam and performance data to determine the scooping load, ensuring the flights are performed close to the aircraft's MTOM in order to increase the efficiency during firefighting. Pilots carry a quick reference loading chart, produced by the company, which allows four main predetermined configurations.

After the initial A to E chosen configuration in the departure, the pilot has a reference to adjust the hopper load to compensate for fuel and foam concentrate consumed throughout a flight so as not to exceed the MTOM.

The accident flight take-off was performed using option A, 100% fuel and an empty hopper. Allowing for fuel consumed during the ferry flight to the fire and the delivery of five previous loads, the hopper could not be filled above 580 USG during the accident scooping to keep the weight below 16000 pounds.

The aircraft maximum allowable hopper load considering the minimum 300 litres of fuel to accomplish the operator minimum fuel policy is 730 USG.

The figure below, on the right, exemplifies a water load with the hopper indication on the ground of 525 and in flight of 590 USG, the approximate value for the maximum allowed for the configuration at the time of the accident



Figura 4 || Figure 4

Tabela de carregamento e indicação visual inferior do hopper (~580USG) || Loading chart and lower hopper visual indication (~580USG)

O AFM menciona que, para atingir o desempenho e as qualidades de voo projetadas na versão anfíbia, a aeronave deve ser operada dentro dos limites aprovados de massa e centro de gravidade: “Apesar de flexível, a aeronave não pode ser operada com tripulação, tanques de combustível e espuma cheios e hopper cheio. O piloto deve supervisionar a quantidade de combustível e espuma a bordo para ajuste de carga e garantir que os limites de massa não são excedidos.”

O operador tinha implementada uma política não escrita sobre o uso exclusivo do sistema de recolha de água em operação manual, política essa seguida pela parelha A01 e A09 no voo do acidente.

Atendendo à quantidade estimada de combustível a bordo no momento do acidente e à possibilidade remota de ter sido realizada uma carga total do hopper, a massa da aeronave, nessa condição teórica, seria de 8043 kg (17733 lb) com uma posição do CG nas 23 in (584 mm).

Não estão disponíveis dados para aferir a carga real do hopper não sendo, portanto, possível determinar se a aeronave voava abaixo ou se excedeu o seu limite máximo de massa (MTOM) no momento do acidente.

The AFM mentions that in order to achieve the performance and flying qualities which are designed into the amphibian, it must be operated within the approved weight and center of gravity limits:

“Although quite flexible, the airplane cannot be operated with full crew, full fuel, full foam tanks, and a full hopper. The pilot must monitor fuel burn, foam usage, and adjust scooping quantity to assure that weight limits are not exceeded.”

The operator had implemented an unwritten policy on the exclusive use of the water scooping system in manual operation, a policy followed by the A01 and A09 formation on the accident flight.

Given the estimated amount of fuel on board at the time of the accident and the remote possibility that a full hopper load had been performed, the aircraft mass in this theoretical condition would be 17733 lb with a CG position at 23 in.

No data were available to determine the actual hopper load and there was no information to indicate that the aircraft fell behind or exceeded the MTOM limitation at the time of the accident.

1.6.6. Sistema de flaps || Flap system

Os flaps são do tipo *fowler* acionados eletricamente por um sem-fim conectado a um tubo de torque. A amplitude de operação varia entre os 0 e os 30 graus, controlados por um seletor instalado logo atrás da manete de potência. As marcas na asa esquerda, com incremento de 10 graus, dão ao piloto indicação da extensão dos mesmos.

Quanto aos limites de flaps e configurações abordadas no manual de voo, é mencionada uma faixa para a descolagem entre 0° e 20°, aumentando para 30° na aterragem. O manual recomenda uma configuração de 10° para o MTOM (16000 lb ou 7257 kg) e 89 KIAS como melhor velocidade para ultrapassar obstáculos. A velocidade recomendada para subida inicial após *scooping* e com flaps nos 20° (16000 lb) é 96 KIAS, selecionando 10° ao atingir os 90 KIAS e 0° após as 100 KIAS.

The flaps are fowler type electrically driven by jack screw connected to a torque tube. They can be stopped anywhere between 0 and 30 degrees of travel, controlled by toggle switch mounted just aft of throttle quadrant. The indication to the pilot is available by 10-degree increment markings on left wing that appear as flaps are extended.

Regarding the flap limits and configurations addressed in the flight manual, it is mentioned an approved take-off range from 0° to 20°, increasing to 30° for landing. A flap setting of 10° is recommended for the MTOM (16000 lb or 7257kg) with 89 KIAS as best obstacle clearance speed.

The post scooping recommended speed for initial climb away with flaps set to 20° (16000 lb) is 96 KIAS, later changed the flaps setting to 10° when passing 90 KIAS and 0° after the 100 KIAS.



Figura 5 || Figure 5
Atuador dos flaps || Flaps actuator

O sistema de atuação foi recuperado dos destroços para uma análise detalhada, sendo possível determinar a extensão do fuso do atuador no momento da colisão e, em sequência, estimada a posição das superfícies aerodinâmicas em torno dos 12°, por comparação com uma aeronave operacional.

The actuation system was recovered from the wreckage for a detailed analysis, being possible to determine the actuator spindle extent at the time of the collision and, in sequence, estimated the position of the aerodynamic surfaces around 12°, compared to an operational aircraft.

1.6.7. Sistema avisador de perda || Stall warning system

A aeronave estava equipada com um sistema avisador de perda aerodinâmica que conta com uma alheta no bordo de ataque da asa esquerda, configurado para ativar uma buzina de alerta a aproximadamente 5 milhas por hora acima da velocidade de perda.

A asa utiliza o perfil NACA 4415 com 2,5 graus de torção aerodinâmica (*washout*) por forma a melhorar as características de perda, posteriormente aprimoradas com o já mencionado kit de performance.

Pelos regulamentos de aeronavegabilidade aplicáveis é obrigatória a operação com um sistema de alerta de perda assim como um indicador volta coordenada (pau e bola).

O manual de voo da aeronave refere que com o motor em potência reduzida, “serão notadas vibrações fortes na cauda aproximadamente ao mesmo tempo que ocorre o aviso sonoro”. Referindo ainda que “com configurações de potência do motor mais elevadas, a velocidade de vibração da aeronave diminui para perto da velocidade de perda”.

Uma característica aerodinâmica interessante descrita no mesmo manual expõe: “Ao contrário de muitos aviões, o Air Tractor anfíbio não baixa significativamente o nariz durante a perda, contudo desenvolverá gradualmente uma elevada razão de descida sem colocar nariz em baixo”.

A informação aos pilotos sobre a possibilidade de ignorarem os sinais de perda são um aspeto fundamental a ter em conta, atendendo ao comportamento da aeronave próximo ou durante uma perda:

WARNING!!

Continued aft control stick movement after stall cues have developed with the slip indicator ball displaced from center, particularly with power on, will result in a sharp roll off with attendant loss of altitude. Normal control usage will affect prompt recovery.

A aeronave do evento não possuía indicador de ângulo de ataque; no entanto, tal informação pode ser obtida por referência à velocidade do ar equivalente se a aeronave for operada numa gama normal de ângulos de ataque. A velocidade em que ocorre a perda não é um valor fixo e varia

The aircraft was equipped with a stall warning lift detector which consists of a vane and switch assembly installed on the left-hand wing, that is set to activate a warning horn at approximately 5 miles per hour above stall speed.

The wing utilizes a NACA 4415 wing section and has 2.5 degrees of washout twist to improve stall characteristics, later improved with the aforementioned stall array kit.

An operative pre-stall warning system and a sideslip indicator are required to be installed by the applicable airworthiness regulations.

With power off or at low power setting, the aircraft flight manual states that “*a strong buffet and tail shake will be noted at approximately the same time as the warning sounds*”. It also mentions that “*with higher engine power settings, the buffet onset speed slows to near the stall speed*”.

An interesting aerodynamic characteristic described in the same manual refers: “*Unlike many airplanes, the Air Tractor amphibian does not pitch significantly nose down at the stall but will gradually develop a high sink rate without nose downward pitching*”.

The warning notice to the pilots regarding ignoring the stall cues are in fact relevant and a key aspect to consider in the aircraft behaviour close to or during a stall event:

The event aircraft did not have an angle of attack indicator; however, this could be referenced to an equivalent airspeed if the aircraft is operated in a normal angle of attack range. The airspeed at which a stall occurs is not fixed value and varies

dependendo da configuração da aeronave como flaps, massa, posição do CG e fator de carga.

depending on the flap setting, aircraft weight, CG position and load factor.

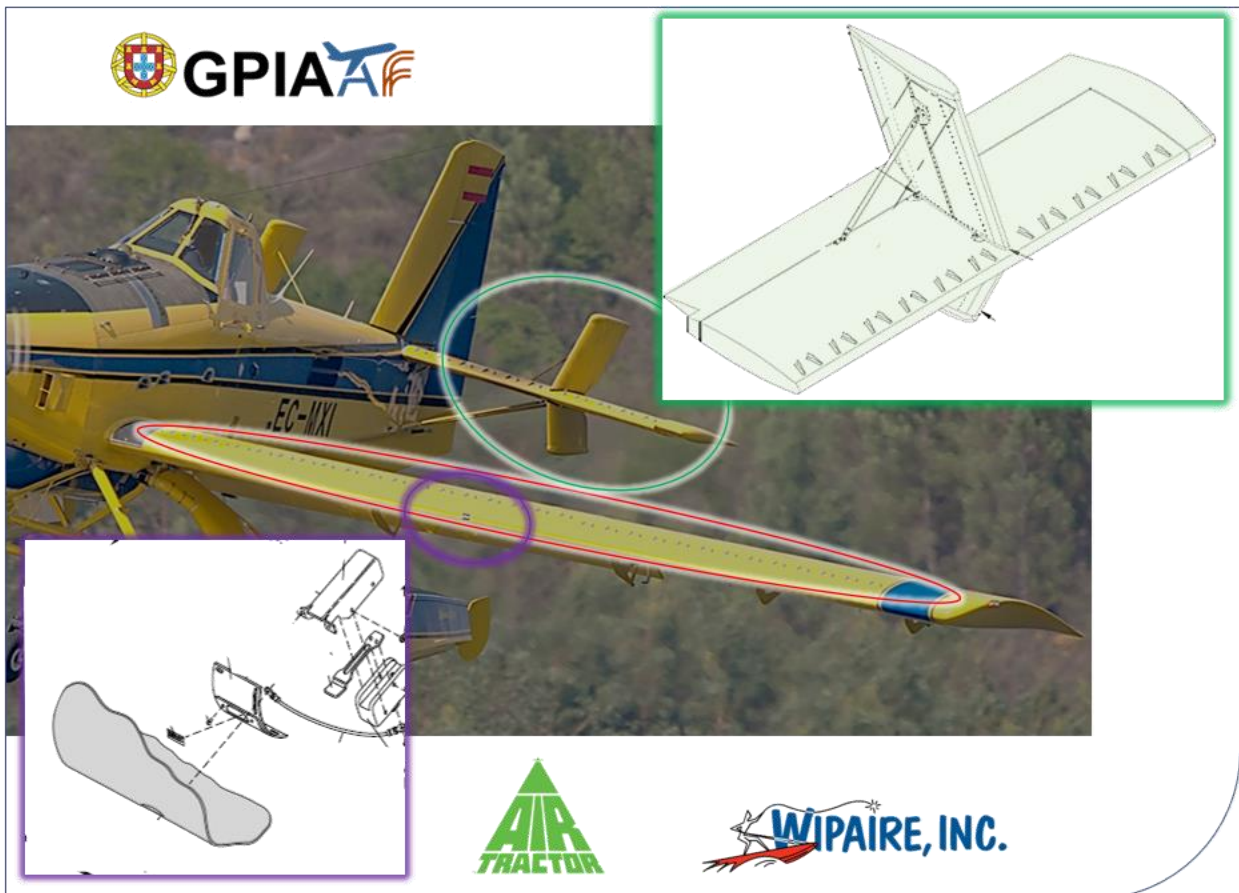


Figura 6 || Figure 6

Detalhes do sistema avisador de perda e configuração da cauda || Stall warning system detail and tail configuration

Não foi possível testar o sistema elétrico avisador de perda pelo grau de destruição dos seus componentes constituintes.

It was not possible to test the electrical stall warning system due to the degree of destruction of its components.

Os valores do manual de voo para as características de perda estão detalhados na tabela seguinte, considerando o motor com potência reduzida:

The figures in the flight manual for the stall characteristics are detailed on the following table with power lever at idle:

MOST FORWARD CENTER OF GRAVITY

WEIGHT LBS	FLAP DEFLECTION	ANGLE OF BANK							
		0 °		30 °		45 °		60 °	
		KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS
16000 (7257 KG)	0°	77	79	83	84	92	93	109	111
	10°	77	75	83	81	92	90	109	107
	20°	74	73	80	78	88	87	105	103
	30°	73	72	78	77	87	85	103	101

Conforme observado no manual: “A perda de altitude durante uma recuperação de perda aerodinâmica, pode chegar aos 400 ft numa

As noted in the manual: “Altitude loss during a stall recovery may be as much or more than 400

perda nivelada. A velocidade é apresentada em KIAS e correspondem a valores aproximados”.

Durante os testes realizados e detalhados no capítulo 1.16.2, foi possível observar as características aerodinâmicas do modelo em velocidades próximas da velocidade e atitude de perda, dando desta forma suporte à afirmação do fabricante que o modelo dá pistas claras sobre a condição de pré-perda aerodinâmica, mesmo quando considerado uma potencial falha do sistema elétrico avisador de perda.

feet from a wings level stall. The speed is shown in KIAS and the values are approximate”.

During the tests carried out and detailed in chapter 1.16.2, it was possible to observe the aerodynamic characteristics of the type at speeds close to the stall speed and attitude, thus supporting the manufacturer's assertion that the type gives clear clues about the condition of aerodynamic pre-stall, even when considering a potential failure of the electrical stall warning system.

1.6.8. Portas e saídas de emergência || Doors and emergency exit

O Air Tractor está equipado com pegas de saída em emergência, ou resgate, em ambas as portas da aeronave. As pegas vermelhas estão colocadas na base da porta e, na configuração da aeronave acidentada, as pegas de abertura normal das portas estavam localizadas na parte superior da porta pintadas da mesma cor amarela da aeronave.

The Air Tractor is equipped with emergency escape, or rescue, handles on both aircraft doors. The red handles at the door base, while the normal door opening handles are located on the top of the door painted the same yellow colour as the aircraft, as was also the case for the accident aircraft.



Figura 7 || Figure 7
 Detalhe das portas/saídas de emergência da aeronave || Aircraft door and emergency exit details

Por dentro, aplica-se a mesma configuração, pega de emergência na base da porta solidária com o mecanismo da dobradiça e uma pega grande na parte superior para a abertura normal.

Quando a pega de emergência é acionada para a frente da aeronave, dois tirantes puxam os pinos das dobradiças para fora das dobradiças na base da porta. Isto permite que a porta caia e saia, independentemente da posição da pega normal da porta. Assim que a alavanca de emergência/resgate for girada, a porta cairá.

O operador declarou à investigação dificuldades em manter a pressão no trinco de bloqueio normal da porta, condição que provocava vibração com possível abertura em voo.

Para mitigar esta dificuldade, foi adotada uma prática não prevista nos manuais da aeronave que consistia no bloqueio do manípulo de abertura normal, recorrendo a braçadeiras plásticas para suportar o próprio manípulo, referido pelos pilotos como causador da ausência de um bloqueio firme das portas.

A aplicação das referidas braçadeiras limita a abertura da porta, seja pelo sistema normal ou de emergência, obrigando o piloto a afastar a braçadeira antes de optar por um dos sistemas de abertura normal ou de emergência.

A investigação complementou estes dados recolhidos do operador nacional com dados e informações de outros operadores europeus e da América do Sul, confirmando que o problema da folga e consequente abertura potencial das portas com esta configuração opcional, tem origem na conceção do sistema de bloqueio por interferência que, ao longo do tempo de utilização e envelhecimento da borracha de vedação (*weatherstripping*), perde a firmeza/interferência.

Foi contactado o fabricante da aeronave tendo este reconhecido o problema de segurança operacional ao serem instaladas braçadeiras no sistema de abertura da porta, referindo também que o manual da aeronave detalha ações de manutenção para melhorar a eficácia do bloqueador, caso o piloto reporte problemas de no fecho da porta. O fabricante declarou ainda que a posição do manípulo na zona superior é

From inside, the same configuration applies, emergency handle at the base of the door attached to the hinge mechanism and a big handle on the top for normal opening.

When the emergency handle is rotated toward the front of the aircraft, the two connecting rods pull the hinge pins out of the hinges at the base of the door. This allows the door to fall down and out regardless of the normal door handle position. As soon as the emergency/rescue lever is turned, the door will fall.

The operator declared to the investigation that they had experienced difficulties in maintaining pressure on the normal locking door latch, a condition that caused vibration with possible opening in flight.

To mitigate this difficulty, a practice not foreseen in the aircraft manuals was adopted, which consisted of locking the normal opening knob, using tie wraps to support the handle itself, referred to by the pilots as causing the absence of a firm door lock.

The application of these tie wraps restrict the door opening, either by the normal or emergency system, forcing the pilot to slide the tie wrap away before choosing to open the door using either the normal or emergency opening systems.

The investigation complemented this data collected from the national operator with data and information from other European and South American operators, confirming that the problem of clearance and consequent potential opening of the doors with this optional configuration, originates in the design of the interference locking system that, which over time of use and aging of the rubber seal (*weatherstripping*), loses firmness/interference.

The aircraft manufacturer was contacted and acknowledged the safety risk of installing tie-wraps on the door latch. The manufacturer noted that the airplane operator's manual provides maintenance steps to improve latch effectiveness if the pilot finds that the door latch is loose.

The manufacturer also stated that the handle position in the upper area is an optional

uma configuração opcional, referindo também que não tem registo de problemas reportados com nenhuma das opções de bloqueio da porta disponíveis.

Para mitigar o uso indevido das braçadeiras, foi emitida em março de 2023 uma *Service Letter* #389 para informar os operadores das práticas de manutenção corretiva do componente e proibindo a aplicação de braçadeiras no sistema de abertura. (consultar secção 5.2)

O sistema de abertura alternativo e opcional, utilizado maioritariamente nos operadores dos EUA, consiste numa configuração vertical do mesmo manípulo realocado para os respetivos postes frontais das portas em vez da parte superior, quando em posição fechada. Não há reportes de dificuldades de operação com nenhum dos sistemas em uso nos EUA.

configuration, also noting that neither available door locking option had any record of such problems.

To mitigate the tie-wraps misuse, a Service Letter #389 was issued in March 2023 to inform operators of the component's corrective maintenance practices and prohibiting the application of tie-wraps to the opening system. (see section 5.2)

The alternative and optional opening system used mostly by US operators, consists of a vertical configuration of the same handle relocated to the respective forward door posts instead of the top, when in a closed position. There are no reports of operating difficulties of either opening system by US operators.

1.6.9. Características de voo da aeronave || Aircraft flight characteristics

O modelo da aeronave acidentada é caracterizado por uma envergadura de 18 metros (59ft 3 in) com uma área alar de 37,25m² (401 ft²), permitindo fatores de carga máximos de +2/-0 com flaps estendidos e MTOM.

A modificação da Wipaire (Wipline Model 1000) contempla um conjunto de adaptações e melhoramentos, incluindo os seguintes dispositivos com propósitos aerodinâmicos:

- Um estabilizador ventral e quatro estabilizadores verticais instalados no estabilizador horizontal para aumentar a estabilidade direcional,
- Estabilizador vertical com concordância aerodinâmica à fuselagem para melhorar a estabilidade direcional,
- O compensador do leme de direção e as carenagens da fuselagem traseira foram revistos para aumentar a estabilidade direcional,
- Adicionados geradores de vórtice ao extradorso da asa e bordo de ataque no extradorso do estabilizador horizontal para aumentar a controlabilidade longitudinal,
- Compensador do leme de profundidade aumentado uma polegada também para melhoria na controlabilidade longitudinal.

The accident aircraft model is characterized by a wingspan of 18 metres (59ft 3 in) with a wing area of 37.25 m² (401 ft²), allowing maximum load factors of +2/-0 with extended flaps at MTOM.

The Wipaire (Wipline Model 1000) modification includes a set of adaptations and improvements, including the following devices for aerodynamic purposes:

- A ventral fin and four auxiliary finlets are added to each horizontal stabiliser side for improved directional control,
- The vertical fin is sealed to the fuselage/stabiliser top for improved directional stability,
- The rudder trim tab rigging is revised from that of the landplane for improved directional stability,
- Vortex generators are added to the wing leading edge upper surface and horizontal stabiliser leading edge upper surface for improved longitudinal controllability,
- The elevator trim/servo tabs incorporate a 1-inch chord extension for improved longitudinal controllability.

As características de voo da aeronave foram testadas e a aeronave certificada na categoria restrita, apresentando um comportamento no envelope normal de operação, incluindo em volta, descrita pelo fabricante como “*As características em subida em volta são consistentes com as de outras aeronaves monomotor a hélice*”. Reforçando que “*em termos genéricos, o efeito das forças geradas pelo motor e hélice na aeronave refletem-se numa tendência natural de volta à esquerda a menos que seja compensada ou comandada pelo piloto*”.

O manual de treino do fabricante refere que o modelo AT-802/802A não está aprovado para a realização de *vrille*⁴, sendo esta manobra proibida quando realizada de forma intencional. O treino da perda e *vrille* não fazem parte dos programas de treino da Air Tractor nem do operador, ainda que seja referido que a consciencialização e prevenção das mesmas devam fazer parte dos programas de treino.

O fabricante declarou que as características de *vrille* da aeronave não foram totalmente determinadas e não foram estabelecidas técnicas de recuperação da mesma manobra.

Sobre os aspetos de performance de subida da aeronave, o fabricante refere que o envelope de operação, tendo em conta a altitude de pressão, temperatura ambiente e massa da aeronave, é garantida uma performance mínima com uma razão de subida nos 300 ft por minuto ou um gradiente de 2,5% com potência máxima aplicada, 10° de flaps e 106 kt de velocidade indicada.

Considerando a reportada dificuldade em manter a separação do A01 e informações prestadas pelo piloto do A09 relativamente à atitude de voo cabrada da aeronave acidentada, atendendo à configuração e semelhanças das aeronaves no mesmo ambiente de operação, a massa de água em cada ciclo de carregamento foi a variável identificada como mais provável para o fator de performance díspar entre as aeronaves.

The flight characteristics of the aircraft were tested and the aircraft certified in the restricted category, exhibiting a behavior in the normal envelope of operation, including in a turn, described by the manufacturer as “*The characteristics in a climbing turn are consistent with other standard single propeller driven aircraft*”. Reinforcing that “*in general terms, the propeller and the engine effects impart forces that cause the airplane to have a natural turning tendency to the left unless it is arrested by trim inputs or pilot control force*”.

The OEM training manual mentions that AT-802/802A is not approved for spins, and intentional spins are prohibited. While stalls and spins are not part of any Air Tractor flight training program, it states that stall/spin awareness should be taught, practiced, and briefed as part of any flight training program.

The OEM declared that the spinning characteristics of the aircraft have not been fully investigated and spin recovery techniques have not been established.

Regarding the climbing performance aspects of the aircraft, the manufacturer states that the operating envelope, taking into account the pressure altitude, ambient temperature and mass of the aircraft, is guaranteed a minimum performance with a 300 fpm of rate of climb or a gradient of 2.5% with maximum power applied, 10° of flaps and 106 kt of indicated speed.

Considering the reported difficulty in maintaining the separation with A01 and information provided by the pilot of A09 regarding the attitude of the accident aircraft, given the configuration and similarities of the aircraft in the same operating environment, the water load in each loading cycle was the variable identified as a the most probable dissimilar performance factor between the aircraft.

⁴ *Vrille* (ou spin) é uma designação adotada do francês para designar um movimento da aeronave em espiral descendente por consequência de assimetria de sustentação do plano alar.

1.7. Informação meteorológica || Meteorological information

Na ausência de dados meteorológicos do local do acidente, foi solicitado ao IPMA uma análise da situação meteorológica com uma caracterização completa da envolvente atmosférica e tentando identificar potenciais desenvolvimentos de movimentos verticais do ar com especial interesse para a investigação.

O IPMA realizou estimativas dos campos meteorológicos à superfície no local e hora do acidente, recorrendo aos valores obtidos de estações meteorológicas em redor e com apoio de cartas de análise do modelo do ECMWF, assim como a imagens de satélite, radar e de descargas elétricas.

O IPMA determinou:

- a) o vento médio predominante à superfície deveria ter rumos entre 210° e 230°, com uma intensidade da ordem dos 10 kt;
- b) o céu estava limpo ou com nebulosidade residual (inferior a 1/8 de céu coberto);
- c) não ocorreu precipitação ou atividade elétrica (trovoadas);
- d) a visibilidade deverá ter sido superior a 10 km, excetuando as zonas afetadas pelo fumo de incêndios onde terá sido menor;
- e) a temperatura média deverá ter estado compreendida entre os 36° C e os 41° C com uma humidade média relativa inferior a 30%;
- f) o QNH determinado foi de 1021 ± 1hPa.

Na análise da possibilidade de movimentos verticais a baixa altura, consideraram-se duas fenomenologias possíveis que pudessem ter desencadeado este tipo de circulação: propagação de *outflow* convectivo originado em células convectivas localizadas em Espanha a nordeste do acidente, sugerido pelo modelo AROME e, a formação e desenvolvimento de térmicas.

Foram utilizados dados de três estações de superfície, assim como do radar meteorológico de Arouca e recorreu-se aos modelos numéricos de área limitada AROME (resolução horizontal de 2,5 km) e do modelo global ECMWF (resolução horizontal de 9 km).

In the absence of meteorological data from the accident site, IPMA was asked to analyze the meteorological situation with a complete characterization of the atmospheric surroundings and trying to identify potential developments of vertical air movements with special interest for the investigation.

IPMA made estimates of the meteorological fields at the surface at the location and time of the accident, using the values obtained from surrounding weather stations and with the support of analysis charts of the ECMWF model, as well as satellite, radar and electrical discharge images.

The IPMA determined:

- a) The average prevailing wind at the surface should have had directions between 210° and 230°, with an intensity of the order of 10 kt;
- b) The sky was clear or with residual cloudiness (less than 1/8 of a covered sky);
- c) There was no precipitation or electrical activity (thunderstorms);
- d) Visibility must have been greater than 10 km, except in areas affected by fire smoke it would have been lower;
- (e) The average temperature must have been between 36 ° C and 41 ° C with an average relative humidity of less than 30 %;
- f) The QNH determined was 1021 ± 1hPa.

In the analysis of the possibility of vertical movements at low altitude, two possible phenomenologies that could have triggered this type of circulation were considered: propagation of convective outflow originating from convective cells located in Spain northeast of the accident, suggested by the AROME model with formation and, the buildup and development of thermals.

Data from three surface stations, as well as from the Arouca weather radar, were used, and the numerical models of limited AROME area (horizontal resolution of 2.5 km) and the global model ECMWF (horizontal resolution of 9 km) were used.

Do estudo efetuado, não se observou qualquer sinal meteorológico à superfície nas três estações utilizadas, assim como da informação do radar meteorológico, que validasse a possibilidade de propagação de um *outflow* convectivo sobre o local do acidente.

A avaliação da ocorrência de térmicas no local do acidente foi efetuada pelo IPMA com recurso a modelação numérica. A análise efetuada para níveis mais baixos não identificou movimentos verticais de particular significado.

Contudo, o estudo da região com o índice de *soaring* revelou para a zona do acidente valores compatíveis com condições muito favoráveis para a formação e desenvolvimento de térmicas, ainda que não se possa garantir definitivamente que estas estivessem presentes no momento do acidente.

O algoritmo de avaliação de turbulência do IPMA não evidenciou regiões de turbulência severa ou moderada.

A carta AROME abaixo resume os dados trabalhados, onde cada barbel corresponde a uma intensidade média de 10 kt. Valores positivos correspondem a movimentos ascendentes e valores negativos a descendentes. O local do acidente está assinalado com "X" onde é visível uma confluência de várias direções de movimentação de ar.

From the study carried out, no meteorological indication was observed at the surface in the three stations used, as well as the information from the meteorological radar, which validated the possibility of propagation of a convective outflow over the accident site.

The evaluation of the occurrence of thermals at the accident site was carried out by IPMA using numerical modeling. The analysis performed for lower levels did not identify vertical movements of particular significance.

However, the study of the region with the soaring index revealed for the accident zone values compatible with very favourable conditions for the formation and development of thermals, although it cannot be definitively guaranteed that these were present at the time of the accident.

The IPMA turbulence assessment algorithm did not show regions of severe or moderate turbulence.

The AROME chart below summarizes the data which was analysed, where each barb corresponds to an average intensity of 10 kt. Positive values correspond to upward movements and negative values to descending ones. The accident site is marked with "X" where a confluence of several air movement directions is visible.

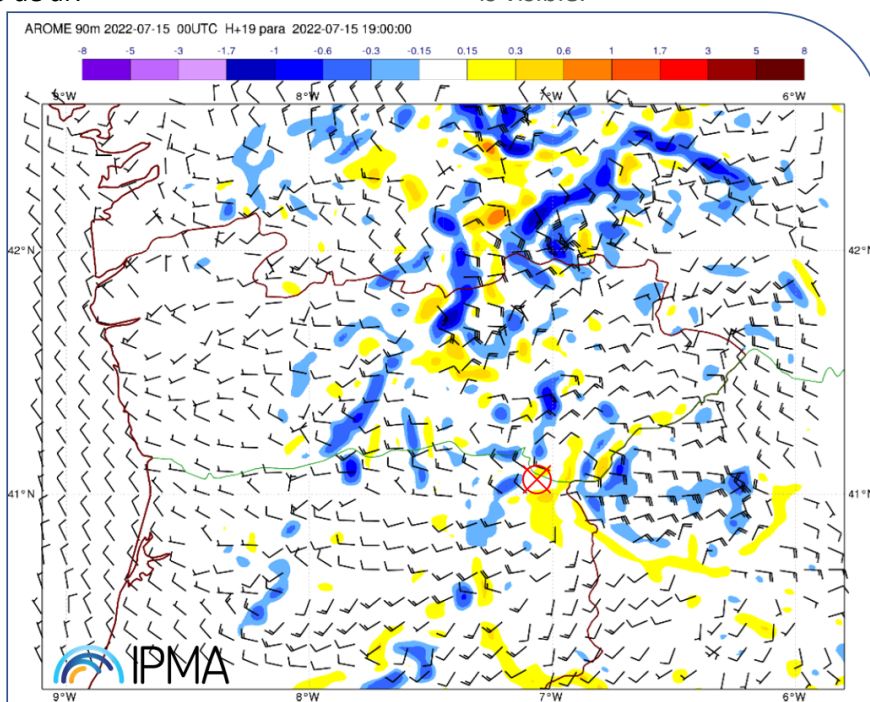


Figura 8 || Figure 8

Carta AROME de ventos e velocidades verticais (m/s) aos 90m AGL para as 19:00h || AROME chart for vertical wind (m/s) at 90 m AGL 19:00h

Deste modo, não foi identificada conclusivamente a existência de circulações atmosféricas ascendentes ou descendentes, com valores de velocidade verticais significativas, em níveis (altitudes) muito baixos no local do acidente. Contudo, a hipótese de existirem fenómenos com estas características de pequena escala e ciclo de vida curto (da ordem de minutos) não é incompatível com a situação meteorológica verificada, pelo que a sua possibilidade não se pode excluir liminarmente.

Thus, the existence of updraft or downdraft atmospheric circulations, with significant vertical velocity values, at very low levels (altitude) at the accident site was not conclusively determined. However, the hypothesis that there were phenomena with these characteristics of a small scale and short life cycle (of the order of minutes) is not incompatible with the meteorological situation observed, such that their possibility cannot be excluded outright.

1.8. Ajudas à navegação || Aids to navigation

Não aplicável.

Not applicable.

1.9. Comunicações || Communications

A área de operação é categorizada como espaço aéreo G, com serviço de informação de voo iniciado com a ativação de plano de voo genérico pelo ARO do Porto, mantendo comunicações bilaterais quando fora do teatro de operações ou a cada 30 minutos para reportar operações normais.

The operational area is categorized as airspace G, with a flight information service initiated with generic flight plan activation by Porto ARO, maintaining bilateral communications when outside firefighting operations or contact every 30 minutes for reporting normal operations.

Eram também mantidas comunicações bilaterais entre as duas aeronaves no teatro de operações assim como comunicação com as respetivas equipas de terra em canal e equipamentos dedicados.

Bilateral communications were also maintained between the two aircraft in the theatre of operations as well as communication with their respective ground teams on a dedicated channel and equipment.

O piloto da aeronave acidentada manteve as comunicações bilaterais com o coordenador das equipas no solo e com o A09, sendo que durante todo o voo nada foi reportado pelo piloto sobre algum problema, eventuais limitações da tripulação ou da aeronave.

The pilot of the accident aircraft maintained bilateral communications with the coordinator of the teams on the ground and with A09, and throughout the flight nothing was reported by the pilot about any problem, any limitations of the crew or the aircraft.

Conforme definido nos SOPs do operador (12.2), a comunicação com o prestador de serviços de informação de voo (ANSP) em rota foi realizada pelo A09, justificando a ausência de registo de comunicações do piloto acidentado no sistema de gravação do ANSP.

As defined in the operator's SOPs (12.2), communication with the en-route flight information service provider (ANSP) was carried out by A09, thus justifying the absence of a record of the accident pilot's communications in the ANSP's recording system.

1.10. Informação do aeródromo || Aerodrome information

A operação das aeronaves A01 e A09 foi realizada a partir da base e sede do operador no aeródromo de Viseu (LPVZ).

O ponto de *scooping* escolhido pela parelha estava previsto nos manuais do operador, contendo a indicação do sentido da recolha da água consoante a avaliação das condições do vento pelos pilotos.

Tendo em consideração o vento de sudoeste (rumos entre 210° e 230°), os *scoopings* foram realizados no ponto 86 localizado junto à estação ferroviária do Côa, no segmento a jusante e no sentido Norte-Sul.

The operation of A01 and A09 aircraft was carried out from the base and headquarters of the operator at Viseu aerodrome (LPVZ).

The scooping point chosen by the pair was provided for in the operator's manuals, containing an indication of the direction of water collection according to the evaluation of the wind conditions by the pilots.

Taking into account the southwesterly wind (directions from 210° to 230°), the scoopings were carried out at point 86 located next to the Côa railway station, in the downstream segment and in the North-South direction.

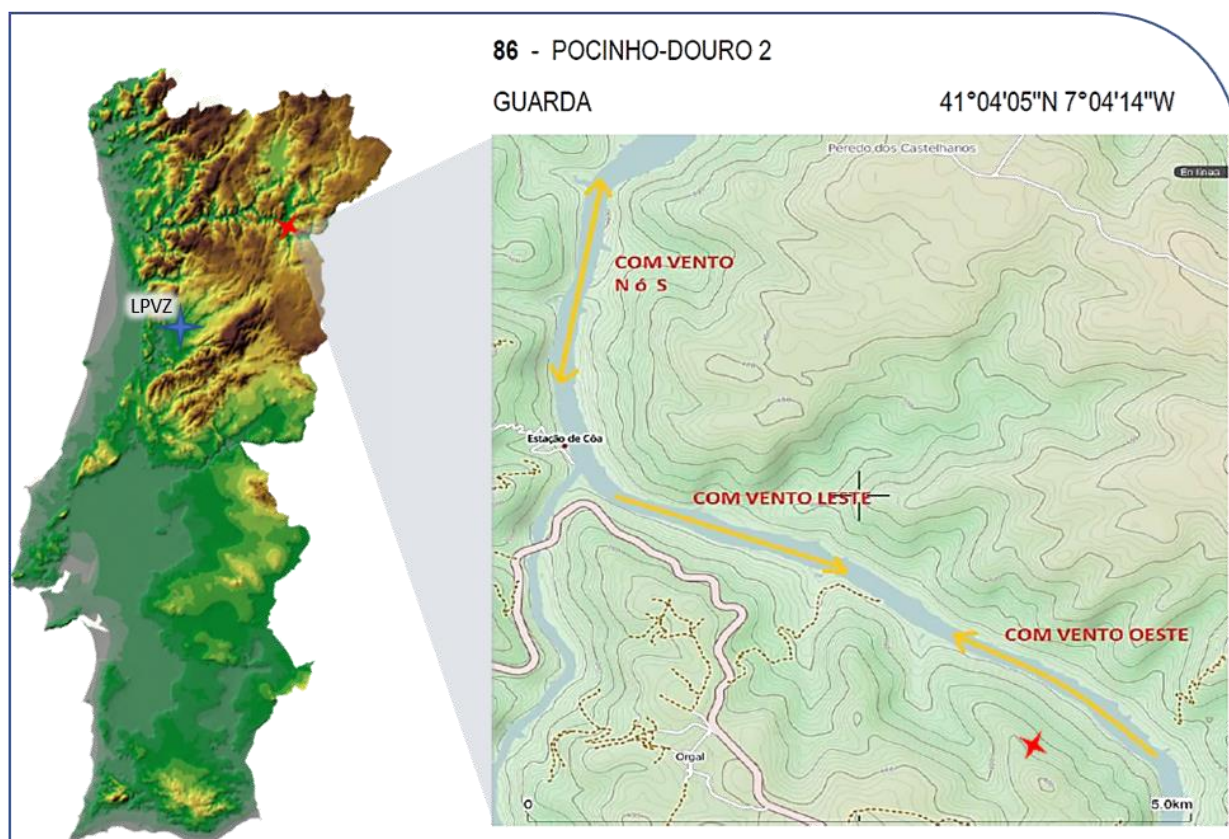


Figura 9 || Figure 9

Localização geográfica e carta de scooping do operador || Geographic location and operator scooping chart

1.11. Gravadores de voo || Flight recorders

A aeronave não estava equipada com gravadores de dados voo (FDR) ou de voz (CVR).

The aircraft was not equipped with a flight data recorder (FDR) or cockpit voice recorder (CVR).

Tais equipamentos não são um requisito da atual regulamentação para a operação de combate aos incêndios.

A aeronave estava equipada com um sistema de seguimento de voo (RockAIR) disponibilizado pelo contratante, FAP, de onde foi possível à investigação recolher dados de voo baseados em sinal GPS, nomeadamente trajetórias aproximadas com indicação de altitudes e com a correspondente estimativa de velocidades.

O dispositivo portátil amovível *RockAIR* permite transmitir dados de seguimento de voo, eventos e enviar/receber mensagens usando para tal a rede de satélites Iridium e redes de telemóveis terrestres.

As configurações do dispositivo acidentado permitiam uma recolha remota de dados GPS com amostra registada a cada 15 segundos de operação. O dispositivo foi totalmente consumido pelo intenso fogo, não permitindo o *download* da informação do seu cartão de memória interno, contendo dados com intervalos de até 1 segundo.

O piloto levava a bordo um dispositivo adicional de navegação portátil (ipad 5) e um telemóvel com as aplicações *Foreflight* e *Skydemon* instaladas. Os dispositivos danificados foram recolhidos dos destroços, tendo o ipad 5 sido enviado para o Reino Unido por forma a ser tentada a recuperação de dados recorrendo a uma empresa especializada com a supervisão do AAIB. O método e resultado do trabalho do AAIB e da referida empresa estão detalhados na secção 1.16.5.

Such equipment are not a requirement of the current regulations for firefighting operation.

The aircraft was equipped with a flight tracking system (RockAIR) provided by the contractor, FAP, from where it was possible for the investigation to collect GPS based flight data, namely approximate trajectories with calculated altitudes and speeds.

The *RockAIR* is a portable, carry-on carry-off global communications device that allows to transmit tracking, events and send/receive messages using the Iridium satellite network and terrestrial cellular networks.

The settings of the accident device allowed for remote collection of GPS data with a recorded sample rate every 15 seconds of operation. The device was totally consumed by the intense fire, not allowing the download of the information from its internal memory card, containing data with intervals of up to 1 second.

The pilot carried on board an additional portable navigation device (iPad 5) and a mobile phone with the *Foreflight* and *Skydemon* apps installed. The damaged devices were recovered from the wreckage, and the iPad 5 was sent to the UK to attempt data recovery using a specialist company under the supervision of the AAIB. The method and outcome of the work of the AAIB and the said company are detailed in section 1.16.5.

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

A zona de impacto da aeronave caracteriza-se por uma plantação vitivinícola em socacos na encosta de um monte, plantação característica da região vitivinícola do Douro.

Pela análise da área envolvente aos destroços, foi possível constatar uma dissipação significativa de energia durante a dinâmica de desaceleração da aeronave no solo em sentido descendente. Tal declive negativo foi relevante nas condições de

The aircraft impact zone consisted of a terraced wine plantation on the slope of a hill, a characteristic plantation of the Douro wine region.

By analyzing the wreckage surrounding area, it was possible to observe a significant energy dissipation during the aircraft deceleration dynamics on the ground in a descending direction. Such negative slope was relevant in

manutenção do espaço de sobrevivência da cabine da aeronave.

O rasto dos destroços (Figura 10) apresentou-se num rumo aproximado de 020°.

A secção frontal do motor composta pela hélice, caixa redutora, turbina e escape, separaram-se e seguiram a linha de inércia da trajetória inicial da aeronave.

Na fase final de desaceleração, a aeronave pivotou sobre a asa esquerda (item 6 da figura abaixo), sobrelevando-se com a parte direita antes de se imobilizar voltada praticamente a Oeste.

A posição dos flaps foi determinada nos ~12°. Os principais sistemas da aeronave foram examinados sem terem sido encontrados indícios de mau funcionamento. Não há indícios de perda de controlo da aeronave por falhas mecânicas no pré-impacto.

Os exames realizados aos destroços no local, danos à vegetação e envolvente e marcas no solo indicaram que a aeronave impactou inicialmente na vegetação e no solo numa atitude de nariz e asa direita para baixo. O incêndio pós-impacto alimentado pelo combustível da aeronave destruiu a maior parte das suas partes constituintes. O exame aos destroços determinou:

- Não foram detetados problemas na aeronave no pré-evento,
- Foram identificadas todas as secções principais da estrutura da aeronave, não havendo evidência de separação em voo ou danos estruturais pré-impacto,
- O cockpit, secção frontal e central da fuselagem, flutuadores e asas foram destruídos no impacto e pelo fogo pós-impacto,
- Foram identificados e sequenciados o aileron direito, pontas das asas e partes constituintes da asa ao longo do rasto dos destroços.
- Foram identificadas todas as superfícies de comandos de voo, no entanto, não foi estabelecida a sua continuidade devido aos danos do impacto e pós-fogo.

Os danos encontrados nas pás da hélice evidenciam as seguintes características e assinaturas que sugerem um embate no solo com potência:

maintaining the conditions of the survival space of the aircraft cabin.

The wreckage trail (Figure 10) was approximately on a 020° heading.

The front section of the engine composed of the propeller, gearbox, turbine and exhaust, separated and followed the inertia line of the initial trajectory of the aircraft.

In the final phase of deceleration, the aircraft pivoted on the left wing (item 6 of the figure below), overlapping with the right part before immobilizing facing practically to the west.

The flaps were determined to be set to the ~12° position. The aircraft's main systems were examined with no indications of a malfunction. There were no indications of a loss of control due to mechanical failure before impact.

On-site examination of the wreckage, damage to the surrounding vegetation, and ground markings, all indicated that the aircraft initially impacted the vegetation and ground in a right wing and nose down attitude.

A post-impact fuel-fed fire destroyed most of the aircraft. The investigation wreckage examination also found:

- No pre-existing airframe issues,
- All major sections of the aircraft's structure were identified and there was no evidence of an in-flight break-up or pre-impact structural damage,
- The cockpit, forward and centre section of the airframe, floats and wings had been destroyed in the impact and by the fire,
- Right aileron, wing tips and portions of the wings were identified along the wreckage trail, having fragmented during the impact sequence.
- All flight control surfaces were identified, however, flight control continuity could not be established due to the impact and post fire.

The damage found in the propeller blades exhibited the following characteristics and signatures that suggest a collision on the ground with power:

- Duas pás fraturadas pela raiz,
- Duas pás com fraturas na ponta,
- Riscos assinaláveis e profundos no sentido da corda/rotação em várias pás,
- Flexão e torção das pás com flexão significativa em sentido oposto à rotação,
- Sulcos nas pontas,
- Uma das pás da hélice com forma de S.

- Two blades fractured from the assembly,
- Two blades with small tip fractures,
- Remarkable, deep chordwise/rotational scoring on multiple blades,
- Compound blade bending and twisting with remarkable bending opposite rotation,
- Leading edge gouging,
- One blade with some S-bend characteristics.



Figura 10 || Figure 10

Local do acidente visto de Norte com a distribuição dos destroços || Accident site looking from the north showing wreckage distribution and boundary

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

De acordo com o relatório da autópsia a causa da morte do piloto ocorreu por lesões traumáticas produzidas por queimadura/efeito térmico, num contexto de carbonização.

Os testes toxicológicos realizados não identificaram a presença de etanol ou drogas.

According to the autopsy report, the cause of death of the pilot was traumatic injuries produced by burn/thermal effect, in a context of carbonization.

The toxicological tests performed did not identify the presence of ethanol or drugs.

1.14. Fogo || Fire

A deformação e consequente rotura da estrutura primária da asa onde é alojado o combustível, criou condições para que este fosse projetado pela área circundante à trajetória de impacto no solo e sobretudo na zona de imobilização final da aeronave.

Com as condições de dissipação de energia no impacto final e ambiente local ATEX⁵, ficaram reunidas as condições para explosão dos tanques de combustível com projeção de secções da asa e partes dos flutuadores.

Após a libertação instantânea da energia e subsequente consumo da aeronave por projeção e deslocamento de matéria inflamada, o incêndio foi rapidamente controlado atendendo à baixa carga combustível da vegetação.

The deformation and consequent rupture of the primary structure of the wing where the fuel is stored, created conditions for it to be projected in the area surrounding the impact trajectory on the ground and especially in the final immobilization zone of the aircraft.

With the conditions of energy dissipation in the final impact and local ATEX⁵ environment, the conditions for explosion of the fuel tanks were met with projection of wing sections and parts of the floats.

After the instantaneous energy release and subsequent consumption of the aircraft by projection and displacement of inflamed matter, the fire was quickly controlled given the vegetation low fuel/energy.



Figura 11 || Figure 11
Posição final da aeronave || Aircraft final position

⁵ ATEX - Atmosfera explosiva é definida como uma mistura de ar constituída por substâncias inflamáveis (gases, vapores, névoas ou poeiras), nas quais após uma ignição, a combustão se propague a toda a mistura não queimada em condições atmosféricas || Explosive atmosphere is defined as a mixture of air consisting of flammable substances (gases, vapours, mists or dusts), in which after an ignition, combustion spreads to the entire unburned mixture under atmospheric conditions.

1.15. Aspetos de sobrevivência || Survival aspects

Alguns dos elementos constituintes da saída de emergência direita da aeronave foram identificados entre as cinzas do material queimado do cockpit, estando localizados fora da sua posição normal de fechada. Devido à extensão dos danos pelo fogo não foi possível determinar a origem e extensão da deslocação das partes.

Some of the constituting elements of the aircraft's right emergency exit were identified among the ash from the burned material of the cockpit, being located outside its normal closed position. Due to the extent of the fire damage, it was not possible to determine the origin and extent of the displacement of the parts.

O corpo do piloto foi encontrado fora da cadeira sobre o lado direito da aeronave e com os cintos de segurança parcialmente abertos com a fivela esquerda e central fora do mecanismo de engate.

The pilot's body was found outside the seat on the right side of the cabin and with the seat belts partially open with the left and center buckle outside the coupling mechanism.

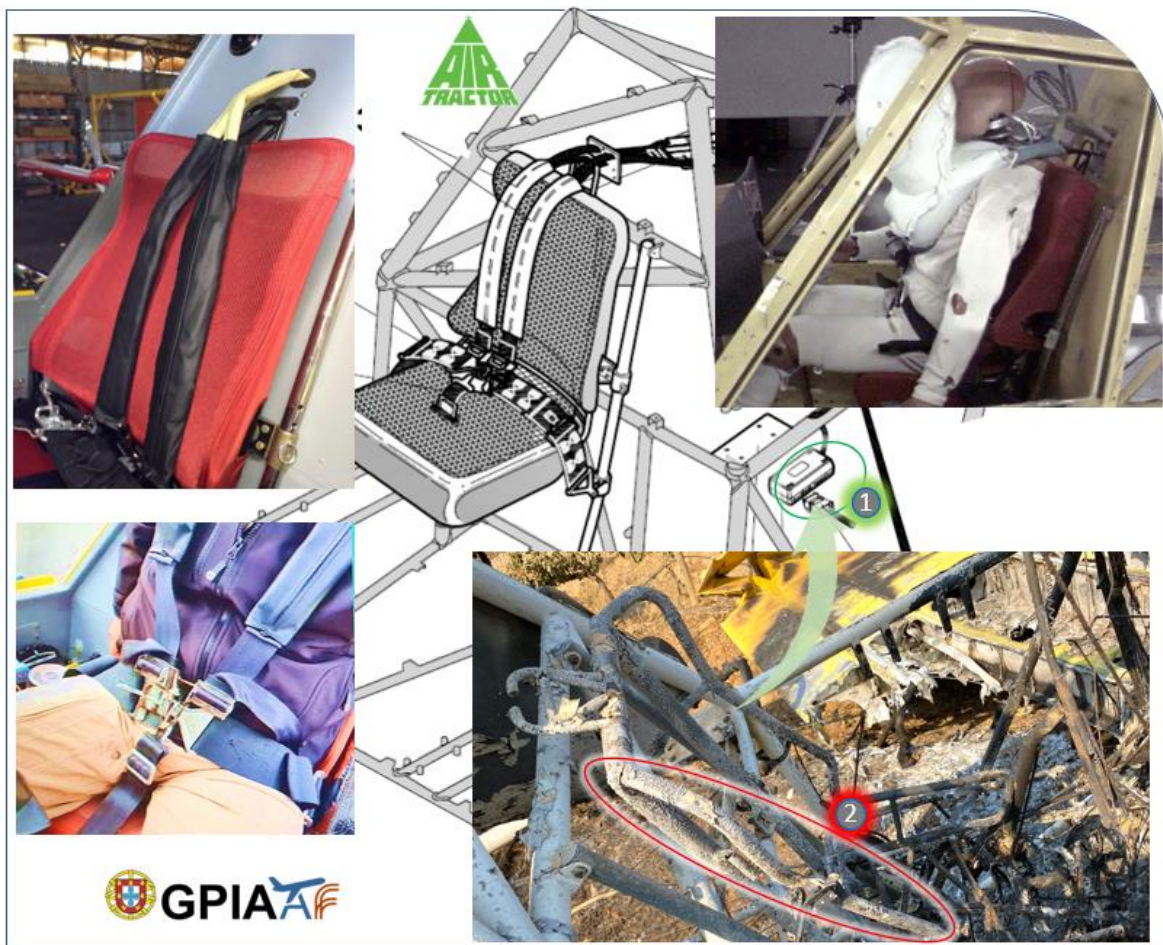


Figura 12 || Figure 12
 Detalhes do sistema de cintos e retenção || Seat belt and restrain system details

Segundo a documentação da aeronave, os cintos do piloto incorporavam um sistema de Airbags desenhados pela Air Tractor e AmSafe Aviation, Inc. conforme aprovação pelo Dwg.11068. Atendendo aos danos provocados pelo incêndio no cockpit, não foi possível confirmar se o referido sistema estava operativo no voo do

According to the aircraft's documentation, the pilot's belts incorporated an airbag system designed by Air Tractor and AmSafe Aviation, Inc. as approved by Dwg.11068. In view of the damage caused by the fire in the cockpit, it was not possible to confirm whether that system was

acidente e se foi ativado durante a fase de desaceleração.

Um módulo eletrônico (item 1 da Figura 12) envia um sinal quando são sentidos 9 G's de desaceleração na direção do voo. Este interruptor faz então disparar um cilindro de alta pressão que liberará a carga para inflar os airbags. O ciclo de inflar-desinflar ocorre em menos de meio segundo.

O assento sofreu deformações na sua estrutura de suporte lombar superior direita, detalhe 2 da figura 12, provavelmente provocadas pelas forças de desaceleração laterais do piloto sobre a referida estrutura. Este facto é coerente com o uso dos cintos de segurança pelo piloto durante a colisão com o solo.

Segundo as instruções do POH e práticas do operador, o piloto usava um colete insuflável, um capacete de proteção modelo MSA LH50 e um fato de voo.

Os equipamentos descritos não protegeram, nem tal seria esperado, o piloto do fogo intenso de progressão rápida.

A aeronave estava equipada com um transmissor de localização de emergência (ELT) ACK E-04, que foi ativado sendo o sinal recebido e validado pelo COPAS-SARSAT.

As evidências mostram que a dinâmica do acidente, até à imobilização da aeronave, constitui-se como de sobrevivência provável, facto consistente com o relatório médico e patológico realizado ao piloto.

1.16. Ensaios e Pesquisas || Tests and Research

A investigação do evento compreendeu:

- Estudo e detalhe das trajetórias do voo da aeronave,
- Recolha de dados teóricos e empíricos das figuras de qualidade de voo do modelo da aeronave (voo de validação),
- Estudo da dinâmica da colisão recorrendo às evidências do local, depoimento de testemunhas e vídeos do evento,
- Estudo e análise das condições e aspetos de sobrevivência,
- Estudo do enquadramento operacional da atividade.

operational on the accident flight and whether it was activated during the deceleration phase.

An electronic module, item 1 on Figure 12, will actuate a switch when 9 G's of deceleration are experienced in the forward direction. This switch sends a signal to a high-pressure cylinder that will release a charge, inflating the airbags. The entire inflate – deflate event takes less than half a second.

The seat suffered deformations in its right upper lumbar support structure, detail 2 of figure 12, probably caused by the pilot's lateral deceleration forces on the said structure. This is consistent with the pilot's use of seat belts during the ground collision.

According to POH instructions and operator practices, the pilot wore an inflatable vest, an MSA LH50 model protective helmet and a flight suit.

The described equipment did not, nor would it be expected, protect the pilot from the intense fire of rapid progression.

The aircraft was equipped with an ACK E-04 emergency locator transmitter (ELT) that was activated and a valid signal was received by the COPAS-SARSAT.

The evidence shows that the dynamics of the accident until the immobilization of the aircraft constitute as probable survival, a fact consistent with the pilot's medical and pathological report.

The investigation of the event included:

- Study and detail of the aircraft flight trajectories,
- Collection of theoretical and empirical data from the aircraft type flight quality figures (validation flight),
- Collision dynamics study using the on-site evidence, witness testimony and videos of the event,
- Study and analysis of conditions and survivability aspects,
- Activity operational framework study.

1.16.1. Estudo dos destroços do grupo moto-propulsor || Powerplant wreckage study

Foram avaliados, em conjunto com o fabricante do motor, os componentes do grupo motopropulsor, com o objetivo de determinar a condição de funcionamento do conjunto no momento da colisão com o solo. Destacam-se:

- As evidências de desgaste por atrito circunferencial observado no disco da turbina do compressor (CT), discos 1 e 2 da turbina de potência (PT1 e PT2) são consistentes com a rotação do motor no momento do impacto,
- Encontradas evidências de desgaste por fricção circunferencial no disco da CT e bordo de fuga das pás da CT na raiz das pás pelo contacto com o defletor da CT, também este um sinal claro de rotação no momento do impacto,
- Desgaste por fricção circunferencial no estator e defletor da PT por contato com o disco da PT1 e a porca de fixação da PT.

The powerplant components were evaluated together with the engine manufacturer in order to determine the operating condition of the assembly at the time of the collision with the ground. Highlights include:

- The evidence of circumferential friction wear observed in the compressor turbine disc (CT), power turbine discs 1 and 2 (PT1 and PT2) is consistent with engine speed at the time of impact,
- Evidence of circumferential rubbing wear on the compressor turbine (CT) disc and CT blades trailing edge side at the firtrees from contact with the CT baffle indicative of rotation at the time of impact,
- Circumferential rubbing wear on the PT stator and PT baffle from contact with the PT1 disc and PT locking nut.

1.16.2. Voo de validação das condições reais || Real conditions validation flight

Atendendo à ausência de dados e figuras de qualidade de voo da aeronave para as condições experienciadas durante os momentos precedentes ao acidente, foi organizado com o operador a realização de um voo de avaliação de resposta da aeronave em condições semelhantes às do voo do acidente com uma aeronave em tudo idêntica à acidentada.


In view of the absence of data and figures of flight quality of the aircraft for the conditions experienced during the moments preceding the accident, it was arranged with the operator to conduct an assessment flight of the aircraft’s response in conditions similar to those of the accident flight in a sister aircraft to the one involved in the accident.

Com os dados meteorológicos e condições da atmosfera estimados para o local e hora do acidente, foram calculadas as condições equivalentes para o dia do voo de avaliação, sendo o aspeto mais relevante a considerar a altitude densidade. Recorrendo às tabelas ISA e calculando⁶ os vários parâmetros, foram determinadas as condições para o voo tendo por base:

With the meteorological data and atmospheric conditions estimated for the place and time of the accident, the equivalent conditions for the day of the evaluation flight were calculated, the most relevant aspect being the altitude density. Using the ISA tables and calculating⁶ the various parameters, the conditions for the flight were determined based on the actual accident flight conditions:

Condições Atmosféricas || Atmospheric conditions:

- QNH: 1021+/-1
- Vento || Wind: 210 a 230, 10kt
- Temperatura entre || Temperature from: 36 e 41°C
- Humidade média relativa || Mean relative humidity <30%
- Baixa probabilidade de turbulência moderada ou severa || Low probability of moderate or severe turbulence
- Condições para desenvolvimento de térmicas || Conditions for thermal development



⁶ https://wahiduddin.net/calc/calc_da_rh.htm & <https://e6bx.com/density-altitude/>

Foram estabelecidos em *briefing* com o piloto de teste os objetivos primários dos voos a realizar:

- Dois voos com dois ensaios cada, para determinação de velocidade de perda aerodinâmica com diferentes pranchamentos, largando a carga apenas na segunda fase de cada um dos voos,
- Respeitados os limites máximos do MTOM para cálculo de carga do *hopper*.
- Flaps ~12° (início do traço vermelho),
- Aplicar potência máxima durante os testes,
- Raios de volta à direita de aproximadamente 300 metros,
- Garantir sempre a controlabilidade da aeronave,
- Largar a carga apenas após queda do nariz,
- Acordada a instalação de 4 câmaras de alta resolução, 2 localizadas no cockpit a recolher dados dos instrumentos, ação sobre os comandos de voo (manche e pedais) e comportamento da água no *hopper*. Instalada uma câmara no estabilizador horizontal esquerdo e uma outra no intradorso da asa esquerda na zona do flutuador,
- Abortar os ensaios em qualquer momento que sentisse a aeronave fora de controlo.

Os voos foram realizados com o carregamento listado na tabela abaixo deixando cerca de 500 lb de margem para o MTOM. A tabela lista o voo do acidente para efeitos de comparação, admitindo 600 USG (5004 lb) de água no *hopper*.

	1º voo		2º voo		voo acidente	
1. Basic Empty Weight (Includes unusable fuel and full oil)	9101	241450,8	9101	241450,8	9101	241450,8
2. Usable Fuel (Full fuel 250, 308, or 374 gal) (Sta. 33.0)	2505	55280	2300	55280	1775	55280
3. Pilot (Sta. 84)	185	15540	185	15540	185	15540
4. Foam in Firewall Tank (Sta. -27.8)	0	0	0	0	0	0
5. Foam in Float Tanks (Sta. 1.0)	0	0	0	0	0	0
6. Sub-Total – Weight Without Hopper Load	11791	312270,8	11586	312270,8	11061	312270,8
7. CG Location Without Hopper Load = Mom x 1000 / Wt	26,48382241		26,95242103		28,23169243	
8. Hopper Load (Sta 20.5)	3753	95370	3836,4	95370	5004	95370
9. Takeoff Weight & Balance	15544	407640,8	15422,4	407640,8	16065	407640,8
10. Takeoff CG Location = Mom x 1000 / Wt	26,22495818		26,43173242		25,37446312	

Por forma a serem mantidas as devidas margens de segurança, o piloto, com larga experiência no modelo, instrutor de voo de acrobacia e UPRT, realizou nos vários ensaios efetuados, voltas coordenadas com redução imediata do torque do motor por forma a evitar uma condição de agravamento da perda aerodinâmica ou risco de entrada em *vrille*. Com esse mesmo objetivo, as largadas de água só foram realizadas após assegurado um controlo mínimo da aeronave após sinais evidentes de perda e já numa atitude

The primary objectives of the flights to be performed were established in a briefing with the test pilot:

- Two flights with two tests each, for the stall speed determination with different bank angle, dropping the load only in the second phase of each flights,
- Hopper's load calculation to ensure the flight to occur under the MTOM,
- Flaps ~12° (beginning of the red mark),
- Apply maximum power during the tests,
- Turn radius to the right of approximately 300 meters,
- Ensure at all times the controllability of the aircraft,
- Release the load only after the nose drop,
- Agreement to install 4 high-resolution cameras, 2 located in the cockpit, one to collect data from the instruments and another to cover the sight of flight controls (stick and pedals) and water behavior in the hopper. Another one installed on the left horizontal stabilizer and another inboard of the left wing in the float area,
- Abort the tests at any time when the aircraft was felt out of control.

The flights were performed with the loading listed in the table below leaving about 500 lb of margin for the MTOM. The table lists the accident flight for comparison purposes, assuming 600 USG (5004 lb) of water in the hopper.

In order to maintain the proper safety margins, the pilot, with extensive experience on the type, aerobatic flight and UPRT instructor, conducted in the various tests performed, coordinated turns with immediate reduction of engine torque in order to avoid a condition of stall aggravation or risk of entry into a spin. With this same objective, the water drops were only carried out after ensuring a minimum control of the aircraft after evident signs of stall and already in a nose-down attitude, in order to avoid a possible lack of

de nariz em baixo, por forma a evitar uma eventual falta de efetividade do leme de profundidade durante a rápida movimentação do CG nas descargas. Na realidade foi sempre garantido o controlo da aeronave com margens de segurança o que permitiu, a todo o momento, uma ação efetiva sobre a atitude e trajetórias da aeronave.

Foi confirmado que, para a configuração de potência testada (potência máxima), o valor da velocidade de vibração foi próximo da ativação do sinal sonoro de perda, ligeiramente acima da velocidade de perda.

O resultado dos dois ensaios correspondentes aos valores de velocidade mínima para os dois valores de pranchamento podem ser visualizados no anexo 5.3.

Os objetivos dos ensaios realizados foram alcançados com recolha de dados relevantes, embora com uma amostra limitada e em condições em que a aeronave manteve sempre uma margem de segurança em relação à perda de controlo, o que naturalmente distancia os resultados da realidade vivenciada no voo do acidente. Ainda assim, os dados comparativos obtidos foram considerados válidos e coerentes.

Não foi possível constatar que a versão anfíbia do AT-802 não coloca o nariz em baixo logo após a perda conforme referido no manual, de facto a aeronave picou durante as voltas à direita testadas.

Um dos aspetos avaliados durante os voos realizados foram as variações na indicação visual da quantidade de água no *hopper*, previamente carregada no solo, com a variação da atitude de voo da aeronave. As imagens recolhidas através de uma das câmaras colocada no chão da cabine são debatidas na secção 2.2.2.

Aproveitou-se ainda a oportunidade para avaliar a visibilidade do piloto sobre a quantidade de água presente no *hopper* em toda a extensão das escalas de marcação em voo e no solo.

Atendendo à construção do painel de instrumentos com uma *rack* central contendo interruptores, disjuntores, bússola magnética e voltímetro/amperímetro, as quantidades estáticas de água entre as indicações de Flight 580 a 700 USG não são visíveis sem movimentação significativa do ponto de

effectiveness of the elevator during the rapid movement of the CG in the water load release. In fact, the aircraft control was always guaranteed with safety margins, which allowed, at all times, an effective action on the attitude and trajectories of the aircraft.

It was confirmed that with the tested power setting (high power), the buffet onset speed was close to the stall warning and slightly above the stall speed.

The result of the two tests corresponding to the minimum speed values for the two bank angle values can be seen in Annex 5.3.

The objectives of the tests carried out were achieved with the collection of relevant data, although with a limited sample and in conditions in which the aircraft always maintained a margin of safety in relation to the loss of control, which naturally distances the results from the reality experienced during the accident flight. Nevertheless, the comparative data obtained were considered valid and coherent.

It was not possible to ascertain that the AT-802 amphibious version does not pitch significantly nose down at the stall as referred in the manual, in fact the aircraft pitched down during the tested right turns.

One of the aspects evaluated during the performed flights was the water amount observed in the visual indicator in the hopper, previously loaded on the ground, with aircraft pitch change in flight. The images collected through one of the cameras placed on the floor of the cabin are discussed in section 2.2.2.

The opportunity was also taken to assess the pilot's visibility of the amount of water present in the hopper throughout the length of the scale markings in flight and on the ground.

Given the construction of the instrument panel with a central rack containing switches, circuit breakers, magnetic compass and voltmeter/ammeter, the static amounts of water between the indications of Flight 580 to 700 USG are not visible without significant movement of

observação, comprometendo a ergonomia da posição de pilotagem da aeronave.

the observation point, compromising the ergonomics of the aircraft's piloting position.



Figura 13 || **Figure 13**

Vista do piloto sobre as indicações do hopper || Pilot view over hopper indications

O *hopper* não dispõe de marcação visual de quantidades entre os valores de referência Flight 610 e 700 USG nem acima dos 750 USG.

The hopper does not visually mark quantities between Flight 610 and 700 USG reference values or above 750 USG.

1.16.3. Estimativa de trajetórias e dados do ar || Air data and trajectories projection

Tendo por base os dados registados no sistema de seguimento do contratante (FAP) e sendo a única fonte de informação disponível à investigação para determinar a trajetória e dados de voo da aeronave acidentada, foi realizada uma análise detalhada da dinâmica do voo e estimados os parâmetros relevantes dos últimos minutos do voo do acidente. As trajetórias de carga e subida dos seis circuitos podem ser consultadas no anexo 5.1.

Based on the data recorded in the contractor's tracking system (FAP) and being the only source of information available to the investigation to determine the trajectory and flight data of the accident aircraft, a detailed analysis of the flight dynamics was carried out and the relevant parameters of the last minutes of the accident flight were estimated. The scooping and climb trajectories of the six circuits can be found in Annex 5.1.

Tendo em consideração as coordenadas e elevação registadas pelo *tracker*, determina-se que os penúltimo e último pontos registados distam entre si 493 metros com uma variação de cota de 51 metros com uma velocidade relativa de terreno computada pelo dispositivo de 64 kt.

Taking into account the coordinates and elevation recorded by the tracker, it is determined that the penultimate and last points recorded are 493 meters apart with a height variation of 51 meters and a ground speed computed by the device of 64 kt.

Ao adicionarmos os ~10 kt de vento de frente estimados teríamos uma velocidade média do ar em torno dos 74 kt na fase inicial da volta à direita.

Adding the estimated ~10 kt of forward wind would result in an average airspeed of around 74 kt in the initial phase of the right turn.

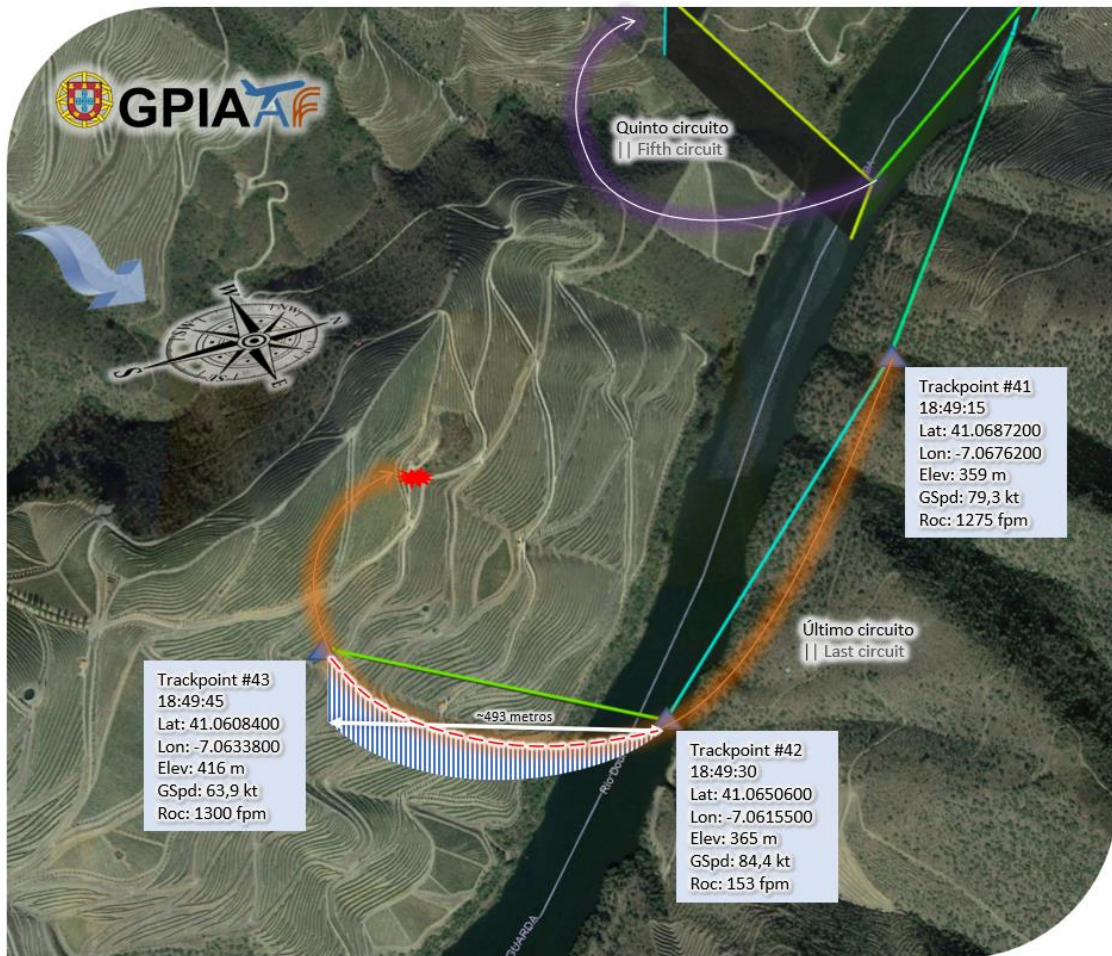


Figura 14 || Figure 14

Dados do tracker e estimativa do trajeto de voo real || Tracker data and actual flight path estimation

Nota: Os dados retirados do servidor com origem nos dispositivos a bordo das aeronaves e que serviram de base à estimativa da dinâmica do evento, embora tenham uma adesão à realidade no que diz respeito aos pontos das trajetórias e dinâmica comparativa entre as aeronaves A01 e A09, não têm correlação direta com os valores barométricos reais de dados do ar experienciados pelas aeronaves. De igual forma não estão considerados possíveis incrementos de distância por raios de volta entre pontos que, ao aumentarem o espaço percorrido, têm o respetivo incremento proporcional na velocidade no terreno e conseqüente velocidade do ar. Eventuais diferenças de qualidade do sinal GPS dos dois equipamentos a bordo das duas aeronaves não são relevantes para o grau de análise realizado.

Note: The data taken from the server originating from the aircraft on board devices that served as the basis for the estimation of the dynamics of the event, although they have an adherence to reality with regard to the trajectory's points and comparative dynamics between the A01 and A09 aircraft, do not have a direct correlation with the actual barometric values of air data experienced by the aircraft. Likewise, there are no possible distance increments by back radii between points that, when increasing the space traveled, have the respective proportional increase in the ground speed and consequent airspeed. Eventual differences in the GPS signal quality of the two equipment on board the two aircraft are not relevant to the performed comparison analysis.

Exceto a variação da componente do vento, admite-se que a dinâmica estimada se manteve até à perda de controlo em que a aeronave terá percorrido cerca de 300 metros até se precipitar no solo num espaço temporal não superior aos 15 segundos de registo e envio do sinal do *tracker*.

Except for the wind component variation, it is assumed that the estimated dynamics were maintained until the loss of control in which the aircraft would have traveled about 300 meters until it pitched down in a time not exceeding the 15 seconds of recording and sample data sent by the tracker.

1.16.4. Coordenação das investigações de segurança e judiciais | | Safety and judicial investigations coordination

O GPIAAF e a Polícia Judiciária (PJ) trabalharam em estreita colaboração no terreno nas horas subsequentes ao evento com a coordenação dos trabalhos nas respetivas áreas de responsabilidades, definição do âmbito e requisitos técnicos aplicáveis ao exame médico e patológico a realizar ao piloto acidentado.

GPIAAF and the Judiciary Police (PJ) worked closely together on the ground in the hours following the event with the coordination of the work in their respective areas of responsibility, definition of the scope and technical requirements applicable to the medical and pathological examination to be performed on the fatally injured pilot.

Seguindo os seus procedimentos internos, o Ministério Público (MP) ordenou ao Instituto Nacional de Medicina Legal e Ciências Forenses – Delegação da Guarda, a realização da autópsia ao piloto.

Following their internal procedures, the MP (public prosecutor) ordered the National Institute of Legal Medicine and Forensic Sciences – Guarda Delegation, to perform the autopsy on the pilot.

Por ausência de coordenação do Ministério Público com os delegados da Polícia Judiciária no local, não foi possível ao GPIAAF contribuir para a definição dos requisitos técnicos da autópsia.

Due to lack of coordination between the Public Prosecutor's Office and the Judicial Police delegates on site, it was not possible for the GPIAAF to contribute to the autopsy technical requirements.

Esta prática não está em linha com os requisitos definidos no artigo 11.º d) e e) do Regulamento (UE) n.º 996/2010 do Parlamento europeu e do Conselho de 20 de outubro de 2010.

This practice is not in line with the requirements set out in Article 11(d) and (e) of Regulation (EU) No 996/2010 of the European Parliament and of the Council of 20 October 2010.

Atendendo à dinâmica da colisão e em especial ao tipo de progressão do incêndio após imobilização da aeronave, tal definição dos exames patológicos tornou-se de importância relativa.

Given the collision dynamics and in particular the type of fire progression after the aircraft immobilization, such a definition of pathological examinations became less important.

1.16.5. Resultados laboratoriais do AAIB sobre os dados recolhidos do iPad do piloto | | AAIB laboratory results on the pilot iPad data

O piloto acidentado utilizava no seu dispositivo pessoal, um iPad 5 encontrado danificado e inoperativo junto aos destroços, com duas aplicações de navegação, o Skydemon e o ForeFlight. Este último era utilizado em modo de partilha de conta ou subscrição com outro piloto do operador.

The crashed pilot was using on his personal device, an iPad 5 found damaged and inoperative next to the wreckage, with two navigation apps installed, Skydemon and ForeFlight. The latter was used in account sharing or subscription mode with another pilot of the operator.

O fabricante do aplicativo ForeFlight confirmou que não existiam dados do voo do acidente nos servidores, referindo, no entanto, que haveria a possibilidade da existência de uma cópia dos registos baseada na nuvem. A experiência adquirida em eventos passados ditava que esta cópia só seria enviada ou validada na nuvem pelo aplicativo no final do voo e após a aterragem.

Perseguindo tal possibilidade, o dispositivo iPad danificado foi enviado ao AAIB por forma a serem recuperadas informações não sincronizadas com os servidores da ForeFlight e que poderiam ser enviadas para a nuvem, caso o iPad pudesse voltar a funcionar.

Com uma larga experiência nesta área, os especialistas do AAIB removeram a placa (PCB) do iPad e tentaram instalá-la num iPad semelhante. O novo iPad com a placa danificada não deu sinais de funcionamento.

A unidade foi então enviada para uma empresa especializada em recuperação de dados da Apple que identificou danos físicos na PCB na região da antena.

Após um extenso trabalho no hardware, foi possível descarregar os dados do iPad usando um software forense, Cellebrite. Não foi encontrado nenhum registo ou rastreamento de voos relativo ao dia do acidente em ambos os aplicativos usados pelo piloto, ForeFlight e Skydemon.

O ForeFlight permite que o usuário ligue/desligue o *tracklog*, sendo assim provável que o piloto tenha desligado tal funcionalidade. Foi ainda tentada uma abordagem diferente usando vestígios dos arquivos (*breadcrumbs*) do aplicativo Foreflight que alegadamente registariam o mesmo tipo de dados. Não foi encontrado qualquer arquivo *sqlite* válido.

The manufacturer of the ForeFlight app confirmed that there was no crash flight data on the servers but said there was a possibility of a cloud-based copy of the logs. Experience gained from past events dictated that this copy would only be sent or validated in the cloud by the app at the end of the flight and after landing.

The damaged iPad device was sent to the AAIB looking for information contained in the ForeFlight app that has not been synchronized with the foreflight servers, that could be recovered if the iPad was able to be returned to operation.

With plenty of experience in this area, AAIB experts removed the logic board (PCB) from the iPad and attempted to install it in a 'donor' iPad. The new iPad with the accident board did not work.

The unit was then sent to a specialized Apple data recovery company that identified the PCB in poor condition, physically stressed and broken piece in the antenna region.

After extensive work on the hardware, it was possible to download the iPad data using Cellebrite forensics software. Unfortunately, no records or trace of flights on the accident day were found on both pilot apps, Foreflight and Skydemon.

ForeFlight does allow the user to turn on/off the tracklog feature, so it's possible that the pilot had it turned off. In a last effort, a different approach was tried using Foreflight breadcrumbs files that allegedly record the same type of data as track logs. No valid *sqlite* file was found in the software logs.

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

O operador aéreo:

A Agro-Montiar é um operador de trabalho aéreo sediado no aeródromo de Viseu, com o COTA n.º 09/93 emitido pela ANAC de acordo com as regras estabelecidas no Decreto-Lei n.º 44/2013,

The air operator:

Agro-Montiar is an aerial work operator based at Viseu aerodrome, with COTA No. 09/93 issued by ANAC in accordance with the rules established in Decree-Law no. 44/2013, for the operational

para a especificação operacional de combate a incêndios com aeronaves AT-802/A.

Tendo por base de suporte à operação, manutenção e formação de pilotos a Titan Firefighting Company sediada em Castellón Espanha, o operador nacional e gestor de vários contratos de aeronaves de médio porte de combate aos incêndios em Portugal, faz a alocação dos recursos, aeronaves, pilotos e pessoal de suporte nas bases assignadas.

Seguindo uma tendência global de uniformização de frota das aeronaves, o modelo AT-802 em ambas as versões terrestres e anfíbias foram as aeronaves escolhidas desde há vários anos para cumprir com as missões e requisitos contratuais com o Estado português.

Embora com algumas diferenças, as aeronaves em operação cumprem com um grau de uniformização de equipamento e tecnologia muito idêntico, permitindo aos pilotos o uso indiferenciado das mesmas.

Em 2022, o operador prestava serviço à ANEPC por contratação pela FAP, a partir das bases operacionais em Mirandela, Vila Real, Viseu, Coimbra e Ponte de Sor, alocando duas aeronaves a cada uma das bases, todas na sua versão anfíbia. Com 20 pilotos ao serviço, 9 dos quais com bases repartidas, estes eram alocados numa escala de três pilotos por base, um líder, um asa e um de reserva.

O operador tem definido no seu manual de operações de voo (MOV) aprovado pela autoridade e procedimentos operacionais padronizados (SOP), a operação de combate a incêndios. A estrutura dos manuais contempla as vertentes da operação da aeronave, parte B, o treino de pilotos na sua parte D e um manual de gestão de segurança operacional (MGSO), contendo informações dos perigos e riscos envolvidos na operação.

Relativamente ao treino de pilotos, o operador tinha definido um curso de conversão com voos de treino e verificações operacionais de acordo com a regulamentação em vigor.

specification of firefighting with AT-802/A aircraft.

Having as a support base for operation, maintenance and training of pilots, Titan Firefighting Company based in Castellón Spain, the national operator manages several medium-sized firefighting aircraft contracts in Portugal, allocating the resources, aircraft, pilots and support personnel at the assigned bases.

Following a global trend of aircraft fleet standardization, the AT-802 model in both ground and amphibious versions were the aircraft chosen for several years to fulfill the missions and contractual requirements with the Portuguese State.

Although with some differences, the aircraft in operation were found very identical with a high degree of equipment uniformity and technology, allowing pilots to fly them undifferentiated.

In 2022, the operator provided service to ANEPC, with a contract granted by FAP to operate bases in Mirandela, Vila Real, Viseu, Coimbra and Ponte de Sor, allocating two aircraft to each of the bases, all in its amphibious version. With 20 pilots in service, 9 of whom had split bases, these were allocated on a roster of three pilots per base, one leader, one wingman and one reserve.

The operator has defined in its flight operations manual (MOV) approved by the authority and standard operating procedures (SOP), the firefighting operation. The structure of the manuals includes the aspects of the operation of the aircraft, part B, the training of pilots in its part D and an operational safety management manual (MGSO), containing information on the hazards and risks involved in the operation.

Regarding pilot training, the operator had defined a conversion course with training flights and operational checks in accordance with the regulations in force.

1.18. Informação adicional || Additional information

Incidente ocorrido na Aguieira, em 03/08/2016 (Proc.º GPIAAF 09/INCID/2016 (EC-LGT))

No dia 3 de agosto de 2016, uma parelha de Fire boss (A05 como líder e A06 enquanto asa) do mesmo operador a partir da base de Viseu, foi chamada para combater um incêndio na zona de Góis - Coimbra.

Conforme planeado, o carregamento de água seria realizado na barragem da Aguieira localizada em rota para o fogo, tendo o A05 realizado a manobra sem qualquer problema reportado.

O piloto do A06 ao realizar a mesma manobra apercebeu-se que o *hopper* não enchia com a aeronave em contacto com a água e decidiu abortar o *scooping* e descolar, comunicando o sucedido ao líder para tentar nova aproximação.

Enquanto o A05 aguardava e observava a manobra em voo junto ao ponto de *scooping*, o piloto do A06, segundo as suas declarações, realizou com sucesso a carga de água estipulada e terá tentado informar o A05 de operações normais, transmitindo esta informação via rádio.

Imediatamente e em sequência, saiu água pelo topo do *hopper* provocado pelo excesso de carga, retirando a visibilidade ao piloto do A06 que, entretanto, perdeu o controlo da aeronave permitindo movimentos verticais e laterais na trajetória de descolagem com contactos violentos com a água.

O piloto do A05 comunicou então com o A06 referindo para largar a água em emergência, ação que terá sido realizada, seguida de descolagem da aeronave e regresso à base para uma conveniente avaliação da condição da mesma.

Foram observados danos substanciais na estrutura do flutuador, asa e flap direito, assim como nas pontas das pás da hélice por contacto com o flutuador direito por cedência da estrutura de suporte durante a aterragem e consequente saída de pista em Viseu. O piloto saiu ileso da ocorrência.

O operador realizou uma investigação interna ao evento apurando que poderá ter ocorrido uma atuação indevida (inversão de operação) dos

Incident occurred in Aguieira, on 03/08/2016 (Proc.º GPIAAF 09/INCID/2016 (EC-LGT))

On August 3rd 2016, a pair of Fire bosses from the same operator operating from the Viseu base (A05 as leader and A06 as wingman) were called to a fire-fighting in the area of Góis - Coimbra.

As planned, the water scooping would be performed at Aguieira dam located en-route to the fire, with the A05 carrying out the scooping manoeuvre without any reported problems.

The A06 pilot, when performing the same manoeuvre, realized that the hopper was not filling having the aircraft in the water and decided to abort, take-off and radioing to the leader that he would try a new approach.

While the A05 was waiting overflying and observing the manoeuvre near the scooping point, the A06 pilot, according to his statements, successfully scooped the required water load and tried to inform the A05 of normal operations, transmitting this information over radio.

Immediately and in sequence, water came out of the top of the hopper by overload, impairing A06 pilot visibility that lost control of the aircraft, allowing vertical and lateral movements on the take-off trajectory with violent contacts with the water.

The A05 pilot then communicated with A06 referring to the need to emergency release the water that A6 pilot accomplished, followed by the taking-off and returning to the base to properly assess the aircraft condition.

Substantial damage was observed on the floats structure, wing and right flap, as well as on the propeller blades tips by contact with the right float after the support structure failed during landing and consequent runway excursion in Viseu airfield. The pilot egressed unharmed from the event.

The operator internal investigation to the event, revealed that there may have been an improper operation (inverse operation) of the scooping

botões de carga e de comunicações (*PTT-Push-to-talk*) quando se pretendiam as ações contrárias.

Como ação de mitigação, foi sugerido pelo departamento de safety do operador ao fabricante (Air tractor), a realocação do botão de PTT para a manete de potência conforme figura abaixo. Não são conhecidos resultados práticos de tal sugestão ou posição do fabricante.

trigger switch and radio PTT (Push-to-talk) when the opposite actions were intended by the pilot.

As a mitigation action, it was suggested by the operator's safety department to the manufacturer (Air tractor), the PTT switch relocation to the power lever as shown in the figure below. It is not known practical results of such a suggestion or the manufacturer position.

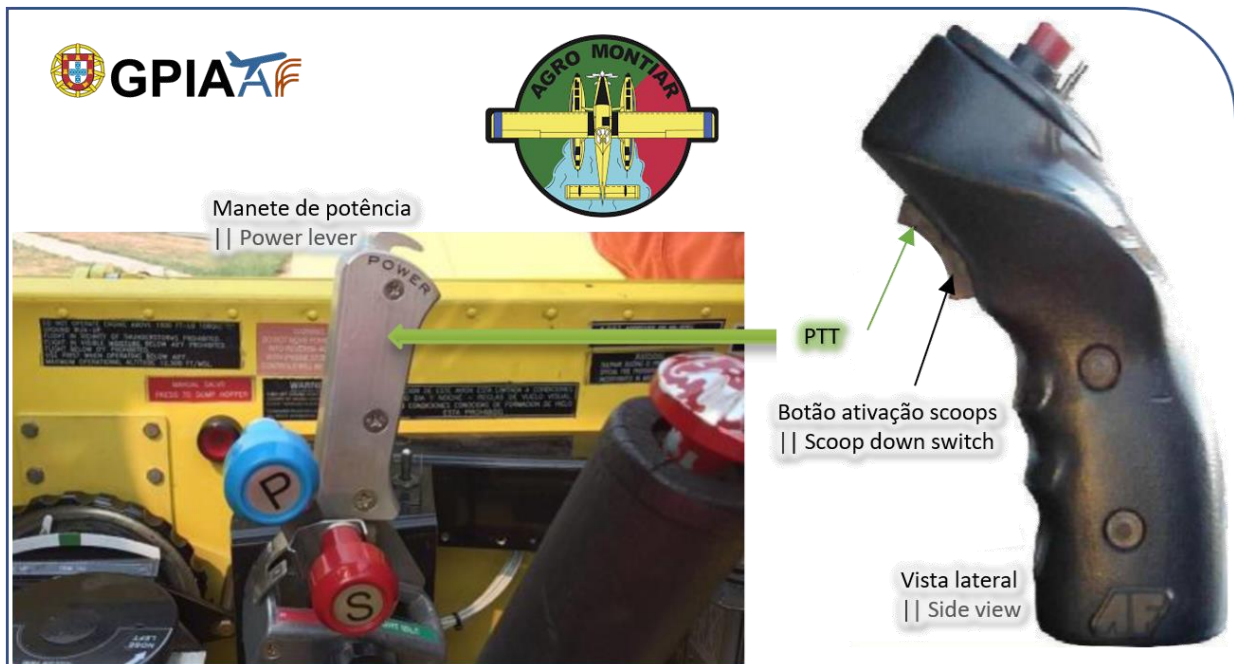


Figura 15 || **Figure 15**

Proposta de realocação do botão dos scoops || Operator proposal to relocate the scoop down switch

Nota: A operação de *scooping* estava a ser realizada em modo manual. Caso a carga tivesse sido realizada em modo automático e, ainda que o piloto tivesse ativado inadvertidamente o botão de carga já com a quantidade de água planeada no tanque, o sistema iria ignorar tal comando.

Note: The scooping operation was being carried out in manual mode. If the scoop had been carried out in automatic mode and, even if the pilot had inadvertently activated the scooping switch with the planned amount of water in the hopper, the system would ignore this command.

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

Os ensaios realizados descritos em 1.16.2 no voo de validação das condições reais foram extremamente úteis.

The performed tests described in 1.16.2 on the real conditions validation flight were extremely useful.

Página intencionalmente em branco || Page intentionally blank

2. ANÁLISE || ANALYSIS

2.1. A missão de combate aéreo aos incêndios || The aerial firefighting mission

Com ciclo sazonal conhecido há já largos anos, a envolvente operacional de combate aéreo aos incêndios em Portugal traduz-se, nos meses de verão, num ambiente complexo de elevada carga de trabalho para os operacionais envolvidos e que inevitavelmente incrementa a exposição ao risco pela elevada frequência das missões.

A título de exemplo, o A01 aeronave acidentada, percorreu na primeira quinzena de julho de 2022 grande parte do território do centro-norte de Portugal nas numerosas missões realizadas a partir da base principal do operador em Viseu.

With a seasonal cycle known for many years, the aerial firefighting operational environment in Portugal translates, in the summer months, into a complex environment with a high workload for the involved operators and which inevitably increases exposure to risk due to the high frequency of assigned missions.

As an example, the A01 accidented aircraft, travelled in the first half of July 2022 over a large part of the north-central territory of Portugal in the numerous assigned missions from the operator's main base in Viseu.

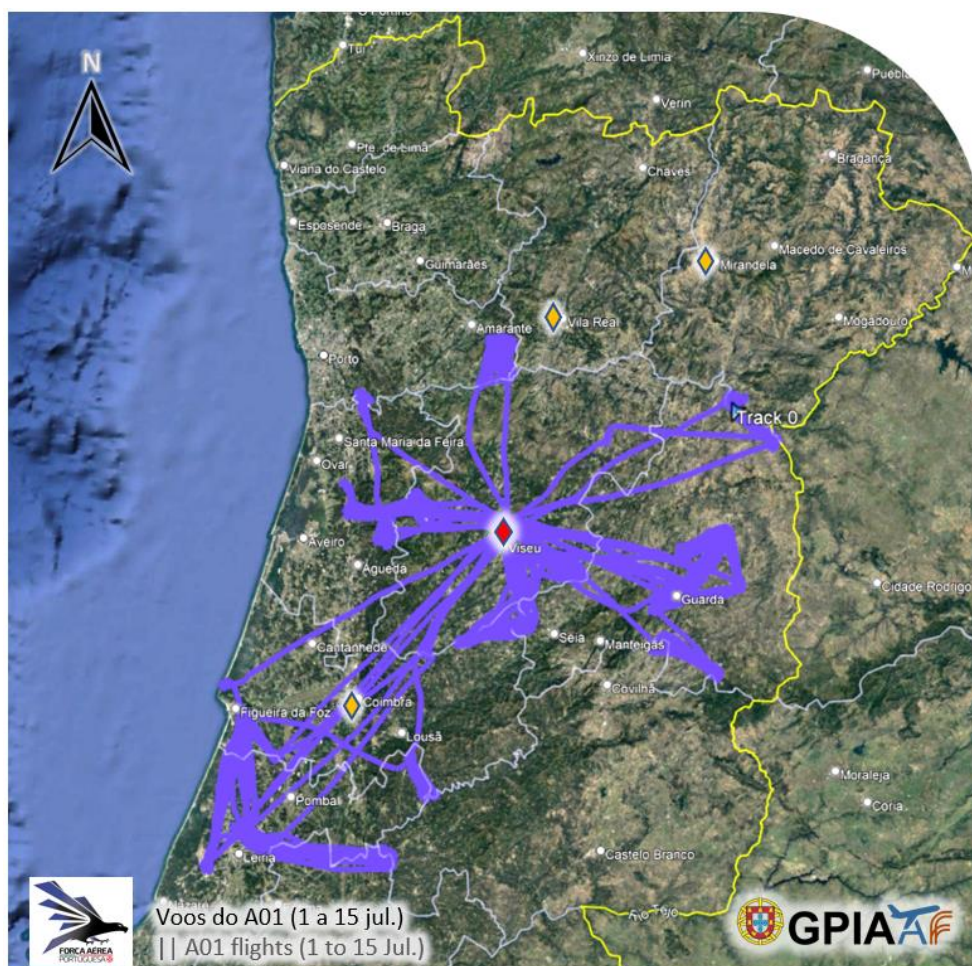


Figura 16 || Figure 16

Voos do A01 e bases do operador no norte do país || A01 flights and operator bases in the north

Os dias precedentes ao acidente caracterizaram-se por uma atividade intensa das aeronaves do operador, com um número de

The days preceding the accident were characterized by intense activity of the operator's aircraft, with the number of hours recorded by

horas registadas pelo piloto nos últimos nove dias num máximo desde o início da sua operação, em ambas as épocas de combate aos incêndios em que participou.

A investigação teve acesso a informações fidedignas de que o piloto sentia e comentou a intensidade da operação, atendendo ao número de saídas da parelha a que pertencia para fazer face ao número de incêndios, mostrando preocupação sobre o cenário vivenciado na região centro na semana do evento.

No dia do acidente, o piloto colocado na base de Viseu como piloto de reserva, foi chamado à operação para substituir um colega piloto que na parte da tarde tinha assignada a tarefa de líder da parelha. Embora com os períodos de descanso diários respeitados, este seria o seu 9º dia de trabalho consecutivo.

the pilot in the last nine days at a maximum since the beginning of his operation, in both firefighting seasons in which he participated.

The investigation had access to reliable information that the pilot felt and commented on the intensity of the operation given the number of departures of the formation to which he belonged given the number of fires, showing concern about the scenario experienced in the central region of Portugal in the week of the event.

On the day of the accident, the pilot assigned to the Viseu base as a reserve pilot was called to the operation to replace a fellow pilot who, in the afternoon, had been assigned the task of formation leader. Although with the daily rest periods respected, this would be his 9th consecutive day of work.

2.2. O modelo da aeronave AT-802AF Fire Boss || The aircraft model AT-802AF Fire Boss

O AT-802A é uma das aeronaves monomotor turboprop com maior capacidade de carga útil (3175 kg), resultado de uma constante evolução e adaptação às necessidades e requisitos do mercado aéreo agroflorestal.

O fabricante e detentor do STC da versão anfíbia realizou um conjunto de testes de validação das soluções técnicas implementadas, chegando a conclusões parciais e de âmbito limitado que condicionaram o processo de certificação da aeronave para operação na categoria restrita, que por definição, não são conhecidos todos os parâmetros de qualidade de voo da aeronave.

No desenvolvimento da versão anfíbia do modelo (Fire Boss) foram realizadas modificações, consideradas necessárias para melhorar as características de desempenho de voo da aeronave e por forma a serem cumpridos os requisitos de validação/certificação na categoria restrita. Tais modificações, designadas pelo OEM, Wipaire, como matriz de melhorias na perda “stall improvement array”, incluíram a instalação de estabilizadores na parte superior e inferior, em diferentes opções de tamanho nos estabilizadores horizontais, uma alheta ventral sob a fuselagem traseira e geradores de vórtice nas asas. Foram também instalados geradores de

The AT-802A is one of the single-engine turboprop aircraft with the highest payload capacity (3175kg), result of constant evolution and adaptation to the needs and requirements of the aerial agroforestry market.

The manufacturer and holder of the amphibious STC version performed a set of validation tests of the implemented technical solutions, reaching partial and limited conclusions that justified the aircraft certification for operation in the restricted category, which, by definition, the aircraft flight quality parameters are not known to full extent.

During the development of the amphibian model (Fire Boss), additional airframe modifications were deemed necessary to improve the aircraft flight performance characteristics in order to fulfil the validation/certification requirements in the restricted category. Those modifications, known by the OEM, Wipaire, as a stall improvement array, included the installation of finlets on the top and bottom, in different size options, on the horizontal stabilizers, a ventral fin under the rear fuselage and vortex generators on the wings.

vórtice na parte superior dos estabilizadores horizontais, uma opção interessante e pouco comum ao serem instalados em tal posição, por forma a melhorar a eficiência de controlo de nariz em baixo após comando do piloto do leme de profundidade no momento de largada da carga.

Tais modificações resultaram numa efetiva redução das velocidades de perda para as diferentes configurações. O suplemento do AFM refere que a velocidade de perda sem motor é de 73 KIAS (em vez dos 83 KIAS), com flaps nos 20°, pranchamento 0° e numa configuração de massa total da aeronave nas 16000 libras numa posição extrema do CG atrás.

A configuração de flaps da aeronave no voo do acidente estaria em torno dos 12° e com um pranchamento à direita não inferior a 30° por forma a ser consistente com a trajetória detalhada nos dados do *tracker*.

Additionally, vortex generators were also installed on the upper side of the horizontal stabilizers, an interesting feature and not common to be installed on such position, to improve the nose down effectiveness upon pilot input deflecting the elevator down during and following the water/load release.

The stall improvement features resulted in a reduction of the stall speed for different aircraft configurations. The supplement to AFM shows the power-off stall speed to be 73 KIAS (instead of 83 KIAS) with flaps 20°, bank angle of 0°, aircraft total weight of 16000 pounds and a most-aft-allowable CG location.

The aircraft flap configuration on the accident flight would be around 12° and with a right bank angle of no less than 30° in order to be consistent with the detailed trajectory of the tracker data.

STALL SPEEDS 16,000 POUNDS (7257 KILOGRAMS) WEIGHT

CONDITIONS:
Power Lever - Idle ←
Start Lever - Flight

NOTES:

- Altitude loss during a stall recovery may be as much or more than 400 feet from a wings level stall.
- KIAS values are approximate.

MOST FORWARD CENTER OF GRAVITY

WEIGHT LBS	FLAP DEFLECTION	ANGLE OF BANK							
		0 °		30 °		45 °		60 °	
		KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS
16000 (7257 KG)	0°	77	79	83	84	92	93	109	111
	10°	77	75	83	81	92	90	109	107
	20°	74	73	80	78	88	87	105	103
	30°	73	72	78	77	87	85	103	101

O AFM destaca ainda que “os valores indicados de velocidade de perda são sensíveis a pequenas variações nas sondas pitot/estática e os valores calibrados correspondentes podem não ser precisos”. O mesmo documento refere que “o *stall improvement array* contribui também para um atraso no aviso de perda por vibração até ocorrer uma perda aerodinâmica por toda a superfície da asa, numa configuração de potência do motor aplicada”.

Assim, as considerações do manual deixam claro que as características da entrada em perda do modelo acidentado, nas condições estudadas

The AFM highlights that “*indicated airspeed values at the stall are sensitive to minor variations in the pitot/static probes typically and the corresponding calibrated values may not be completely accurate*”.

The same document refers “*stall improvement array also resulted in a delay of the stall buffet until full wing stall occurs, with engine power applied*”.

Thus, the considerations in the manual make it clear that the accident aircraft model stall characteristics, under the conditions studied,

têm as suas limitações. A este grau de incerteza, será necessário adicionar o motor a desenvolver potência máxima, trazendo certamente a velocidade de perda para valores significativamente mais baixos devido ao vetor tração e fluxo da hélice.

A configuração e características da aeronave bem como o tipo de operação em espaços confinados em vales típicos ao local do acidente, requerem um elevado desempenho operacional das aeronaves, que por vezes são levadas pelos pilotos aos seus limites com uma operação continuada próximo da perda aerodinâmica.

O aviso referido no manual (1.6.7) relativamente à manutenção de uma atitude de voo na presença de sinais e/ou avisos de perda aerodinâmica eminente constitui um risco não negligenciável para a perda de controlo.

Se a tal condição de voo for realizada numa volta não coordenada, estão reunidas as condições para o desenvolvimento de entrada em perda assimétrica levando à *vriille* (spin em determinado grau de desenvolvimento).

Os dados disponíveis apontam para uma trajetória subsequente à perda aerodinâmica consistentes com as referidas características de voo da aeronave.

2.2.1. Recolha de água || Water scooping

A operação de recolha de água (*scooping*) pode ser dividida em quatro fases distintas 1) Planeamento da carga (massa de água); 2) Amaragem 3) Recolha; 4) Descolagem.

Na primeira fase, o planeamento deve ser feito antes de iniciar cada operação de recolha, devendo ser observado o indicador de quantidade de combustível para determinar a massa total da aeronave. O piloto obtém assim a quantidade de água que pode ser carregada sem exceder o limite máximo da aeronave, as 16000 libras (7257 kg).

Se o sistema de recolha estiver a ser operado em modo automático, o piloto seleciona o valor da carga determinada e o sistema faz a gestão autónoma, recolhendo os ductos quando atingido o valor pré-selecionado.

have their limitations. To this degree of uncertainty, it will be necessary to consider the engine operating at maximum thrust, certainly bringing the stall speed to significantly lower values due to the thrust vector and propeller wake.

The aircraft configuration and characteristics, as well as the type of operation in confined spaces in valleys, typical of the accident site, require high aircraft operating performance, which are sometimes pushed by the pilots to their limits with a continued operation close to the aerodynamic stall.

The mentioned warning in the manual (1.6.7) regarding the continued flight attitude in the presence of stall cues and/or warnings of imminent aerodynamic stall constitutes a non-negligible risk for loss of control.

If such a flight condition is performed in an uncoordinated turn, the conditions are met for the development of an asymmetric stall leading to a spin at a certain degree of development.

The available data suggests a trajectory subsequent to the stall consistent with the aforementioned aircraft flight characteristics.

Scooping operation can be broken into four distinct phases 1) Weight planning (water load); 2) Water landing 3) Scooping; 4) Take-off.

During the first phase, planning should be exercised prior to initiating every scooping run, the fuel totalizer should be referenced to allow determination of airplane gross weight. This will allow the pilot to determine how much water can be scooped without exceeding the airplane's maximum gross weight limit of 16000 pounds (7257 kg).

If the scooping system is being operated in automatic mode, the pilot selects the pre-set load value and the system manages it autonomously, retracting the scoops when the pre-selected value is reached.

O operador referiu que a operação do sistema em modo automático não era fiável por erros de indicação. Por outro lado, devido a alteração do fornecedor, a Wipaire incorporou um novo sistema fornecido atualmente pela Trotter Controls.

O novo sistema recolhe automaticamente as conchas a 50 galões da quantidade selecionada para evitar cargas excessivas do *hopper*. O antigo sistema da Amtech, instalado na aeronave acidentada, está projetado para recolher as conchas apenas na quantidade comandada e mostrada no indicador digital ao piloto.

Adicionalmente, a nova sonda da Trotter Controls aplica uma interface de estado sólido entre a boia e o tubo, uma tecnologia considerada pelo fabricante como mais fiável relativamente à sonda da Amtech que utiliza interruptores eletromecânicos tipo *reed*.

Devido às debilidades do sistema automático existente nas aeronaves que utiliza, o operador decidiu não usar na sua operação de combate aos incêndios o sistema de recolha de água em modo automático, treinando os seus pilotos para realizarem a manobra sempre em modo manual.

Este procedimento ou prática adotada não está descrito nos manuais do operador, sendo uma prática observada, relatada e confirmada pelos pilotos do operador.

A operação em modo manual requer que após a amargem e abertura dos ductos de *scooping* pressionando o respetivo botão no manche, o piloto deve olhar para a janela transparente do tanque por forma a largar o referido botão na quantidade que pré-determinou para as condições de voo locais, tendo em consideração a massa máxima à descolagem, distância da corrida de descolagem disponível e condições ambientais como altitude, temperatura, orografia e obstáculos da envolvente ao local da carga.

O operador refere que a indicação visual da quantidade de água carregada no tanque graduado, quando usada, servirá apenas como uma referência grosseira para o piloto. Se durante a corrida de descolagem e/ou subida inicial o piloto entender que a performance da aeronave não corresponde ao esperado, este

The operator referred that the automatic system operation mode was not reliable due to indication errors. On the other hand, due to the change of supplier, Wipaire incorporated a new system currently supplied by Trotter Controls.

The new system auto retracts scoops 50 gallons before the commanded amount to prevent hopper overflow. The legacy Amtech system installed on the accident aircraft was designed to retract the scoops at the commanded amount shown on the pilot's digital cockpit display.

Additionally, the new Trotter Controls liquid level probe is a solid-state interface between the float and tube which is considered by the manufacturer a more reliable technology than the Amtech probe, which used reed electromechanical switches.

Due to the weaknesses of the existing automatic system on the aircraft in service, the operator decided not to use the water scooping system in automatic mode in its firefighting operation and trained its pilots to always perform the scooping manoeuvres in manual mode.

This procedure or adopted practice is not described in the operator manuals, being a practice observed, reported and confirmed by the operator's pilots.

Operation in manual mode requires that after ditching and opening the scooping ducts by pressing the related switch on the stick, the pilot must look at the hopper transparent window in order to release the said switch in the amount that has been predetermined for the local flight conditions, taking into account the maximum take-off mass, distance available for the take-off run and environmental conditions such as altitude, temperature, orography and obstacles in the scooping location surroundings.

The operator mentioned that the visual indication of the amount of water loaded in the marked tank window, when used, will only serve as a rough reference for the pilot. If, during the take-off run and/or initial climb, the pilot realizes that the aircraft's performance does not correspond to what was expected, he must

deve largar de imediato a carga e repetir o ciclo carregando um valor inferior.

O SOP do operador refere para essa situação:

d) Rejeição de decolagem em pista ou em água. Por vezes sucede que a aeronave, devido a situações de densidade / Altitude, vento ou um incorreto cálculo de carga não queira decolar. Nesse caso a atitude a tomar de imediato será a de descarregar completamente a água na corrida de decolagem. (Cap 13 SOP p49)

A referida graduação do tanque contempla duas escalas, uma com marcação da aeronave no solo e outra com a aeronave em linha de voo.

O valor máximo marcado na escala é de 750 USG em Flight e 725 USG na escala de Ground.

A construção do tanque composto por dois vasos (*hopper*) sem compartimentação, permite um movimento livre da água que naturalmente se reflete de forma significativa na indicação de quantidade consoante o ângulo de ataque da aeronave.

O fabricante (Wipaire) não dispõe de dados que correlacionem a indicação visual da janela com a quantidade aferida pelo sistema quando usado em modo automático. Refere ainda:

“a fase de recolha de água é uma fase crítica, com os pilotos focados a olharem para cima, focados na velocidade da aeronave, estabilidade e distância aos obstáculos, não é assim recomendado, nem estão definidos procedimentos operacionais padrão para o uso da janela de enchimento. O AFMS do STC não faz qualquer referência à janela de enchimento.”

Se por algum motivo o piloto permitir que o tanque encha na totalidade, logo excedendo a capacidade de carga da aeronave, independentemente do combustível a bordo, o SOP do operador refere:

l) Saída de água pelo ventilador de emergência localizado em cima do depósito (hopper). No caso de saída de água mesmo à frente do para brisas do avião, originando a perda de visibilidade total, a ação imediata, seja o motivo que seja, deve-se descarregar/libertar de imediato a água previamente carregada com a alavanca de descarga de emergência por forma a libertar o quanto antes peso para que o avião possa

immediately release the load and repeat the cycle loading a lower value.

The operator's SOP make reference to such a situation:

d) Take-off abort on a runway or in water. It happens sometimes that the aircraft, due to density/altitude situations, wind or an incorrect load calculation, does not want to take-off. In that case, the action to be taken immediately will be to completely release the water during the take-off run. (Chapter 13 SOP p49)

Said tank marking includes two scales, one with the marking of the aircraft on the ground and another with the aircraft in flight attitude.

The maximum value marked on the scale is 750 USG for Flight and 725 USG on the Ground scale.

The hopper construction, consisting of two connected tanks without sections or ribs, allows free movement of water, which will naturally significantly reflect on the water quantity indication, depending on the aircraft attitude angle.

The manufacturer (Wipaire) does not have data to tie the accuracy of the tank window to the amount computed by the system when used in automatic mode. It also mentions:

“...the scooping phase of flight is a critical phase, and pilots are in a heads-up orientation, focused on aircraft speed, stability, and obstacle deconfliction, therefore, it is not recommended nor standard operating procedures for the fill window to be utilized. The STC AFMS does not refer to the fill window at all.”

If for some reason the pilot allows the hopper to overfill, thus exceeding the aircraft's maximum take-off mass, regardless of the fuel on board, the operator's SOP states:

l) Water overfills through the emergency ventilator located on top of the hopper. In the event of water overfill in front of the windshield of the aircraft, causing total loss of visibility, an immediate action is required, whatever the reason, the loaded water must be immediately released using the emergency dump lever in order to release the weight as soon as possible so that the aircraft can take off as soon as possible.

descolar o quanto antes. Seja lá qual o motivo pelo qual esta situação ocorra, deve-se proceder o mais rápido possível de acordo com o acima referido. (Pp51 SOP ver.2022)

Os dados do *tracker*, embora limitados na amostra apenas a cada 15 segundos, mostram uma tendência do A01 a realizar *scoopings* mais longos em comparação com o A09. Na última carga, os mesmos dados evidenciam um período de pelo menos 45 segundos da aeronave na mesma elevação do rio. (Consultar anexo 5.1 último circuito)

Whatever the reason for this situation to occur, the pilot should proceed as quickly as possible in accordance with the above. (Pp51 SOP ver.2022)

Tracker data, although limited in sample rate to 15 seconds, it shows a tendency for the A01 to perform longer scooping runs when compared to the A09 ones. In the last scoop, the same data show a period of at least 45 seconds of the aircraft at the same elevation of the river. (See attachment 5.1 last circuit)

2.2.2. Massa e centragem || Mass and balance

Como em qualquer outra aeronave, os requisitos de massa e centragem para o AT-802 são absolutamente essenciais para a operação segura da aeronave. O facto de o modelo acidentado operar com a função de bombardeiro, não só largando como também carregando água em condições extremas e nos limites superiores do seu envelope de voo aprovado, justificam uma atenção redobrada na análise e mitigação dos riscos associados a tais variações de carregamento da aeronave.

O operador definiu uma política de combustível por forma a garantir o cabal cumprimento do tempo de voo das missões com as margens de segurança previstas na operação, adicionando um coeficiente de incerteza do consumo de combustível. Esta política estabelece que as aeronaves descolam para as missões com tanques cheios e a gestão de combustível do piloto deve garantir que aterra no destino com pelo menos 300 litros de combustível.

Retirando da complexa equação os carregamentos de retardante usados esporadicamente, a massa da aeronave varia não só com a diminuição da quantidade de combustível a bordo como em qualquer outra aeronave, mas muito significativamente a cada carregamento e descarga de água.

Assim, o carregamento da água durante o *scooping* reveste-se de uma tarefa extremamente crítica para assegurar a operação segura da aeronave dentro dos limites definidos pelos fabricantes.

As with any other aircraft, the mass and balance requirements for the AT-802 are essential for the safe operation of the aircraft. The fact that the accident model operates as a firebomber, not only dropping but also carrying water in extreme conditions and within the upper limits of its approved flight envelope, justifies increased attention in the analysis and mitigation of the risks associated with such variations in aircraft loading (mass and balance).

The operator defined a fuel policy in order to ensure full compliance with the flight times for the assigned missions with the safety margins foreseen in the operation, adding an uncertainty coefficient for the fuel consumption. This policy states that aircraft take-off for their assigned missions with full tanks and that the pilot's fuel management must ensure that he/she lands at the destination with at least 300 litres of fuel.

Ignoring the sporadically used fire retardant loadings from the complex equation, the aircraft's mass varies not only with the decrease in the amount of fuel on board as in any other aircraft, but very significantly with each loading and releasing of water.

Thus, water loading during scooping is an extremely critical task to ensure the safe operation of the aircraft within the limits established by the manufacturers.

Conforme abordado acima em 2.2.1, o processo de carregamento de água em modo manual, obriga o piloto de observar a janela de indicação, ou simplesmente a estimar a carga por tempo de conchas estendidas, práticas que não conferem qualquer exatidão ou fiabilidade das quantidades previamente planeadas a serem carregadas.

As discussed above in 2.2.1, the process of loading water in manual mode obliges the pilot to observe the indication window, or simply to estimate the load by the time that the scoops are extended, both practices that do not provide any accuracy or reliability of the amounts of water previously planned to be scooped.

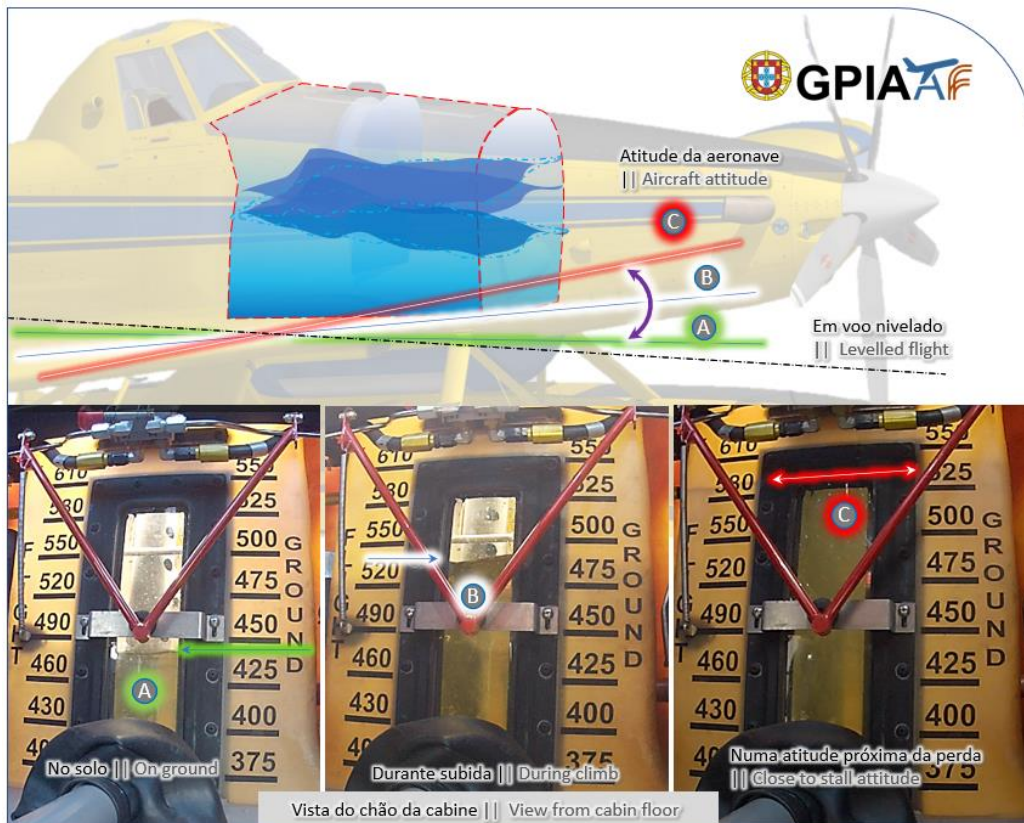


Figura 17 || Figure 17

Quantidades mostradas variando a atitude da aeronave || Quantity shown when changing aircraft attitude

A figura acima evidência os dados recolhidos nos voos realizados e demonstra que a indicação por visualização da janela é irrealista e extremamente imprecisa para se poder considerar no cálculo de massa e centragem da aeronave.

The figure above shows the data collected on the performed flights and demonstrates that the water quantity indication by viewing the window is unrealistic and extremely inaccurate to be considered for the calculation of aircraft mass and balance.

As imagens foram recolhidas em voo recorrendo a uma câmara instalada no chão da cabine e com uma carga de água de 450 USG aferida durante o carregamento no solo.

The images were collected in flight using a camera installed on the cabin floor and with a water load of 450 USG measured during ground static loading.

Os cenários A, aeronave no solo, B, aeronave em linha de subida e C, aeronave próxima da atitude de perda aerodinâmica, mostram valores aproximados de 450, 540 e 590 USG respetivamente para os momentos selecionados para captura da imagem.

Scenarios A, aircraft on the ground, B, aircraft in a climb phase and C, aircraft close to the stall attitude, show approximate values of 450, 540 and 590 USG respectively for the moments selected in the image capture.

Se considerarmos uma carga inicial acima dos 550 USG, as variações de indicação com a atitude da aeronave são imperceptíveis pelo piloto, atendendo ao projeto do sistema de indicação demonstrado em 1.16.2.

If we consider an initial load above 550 USG, the indication variations with the aircraft attitude became unnoticed by the pilot, considering the indication system design as demonstrated in 1.16.2.

2.2.3. Desempenho operacional da aeronave | | Aircraft performance

Embora o piloto acidentado não tenha reportado no rádio qualquer anomalia com a aeronave ou situação de emergência, a informação trocada entre os pilotos da parelha e, adicionalmente, as dificuldades de manutenção de separação entre as aeronaves em tudo semelhantes nas suas configurações, levantou a necessidade de se aprofundar e determinar as variáveis envolvidas durante o voo do acidente com relevante impacto na performance da aeronave.

Although the accident pilot did not report any malfunctions or emergencies on the radio, the information exchanged between the pilots of the formation and, additionally, the difficulties in maintaining separation between the similar aircraft configurations, raised the need to drilldown and determine the involved variables during the accident flight with a relevant impact on aircraft performance.

Conforme mencionado no AFM, a massa é um fator importante na análise do desempenho da aeronave. É a base para muitas características estruturais e de voo da aeronave tidas em consideração no processo de projeto e certificação. O manual refere: *“A massa acima do valor aprovado reduz as margens estruturais e pode ter um impacto relevante no desempenho da aeronave, especialmente em altitudes e temperaturas elevadas.”*

As mentioned in the AFM, aircraft mass is an important factor when analysing the performance. It is the basis for many flight and structural aircraft characteristics considered during the design and certification process. As mentioned on the AFM, *“Weight in excess of that approved reduces structural margins and can have a serious impact upon available performance, especially at high altitudes and temperatures.”*

Sendo que as margens estruturais no modelo da aeronave permitem uma amplitude de operação considerável, o mesmo não se pode afirmar quanto à performance e parâmetros de qualidade do voo. As repetidas alterações de motorização com incremento de potência nas várias versões da aeronave, mantendo o mesmo MTOM, são um ponto de partida para uma análise às características aerodinâmicas e performance da versão acidentada.

Since the structural margins in the aircraft model allow a considerable range of operation, the same cannot be said about the performance and flight quality parameters. The recurring engine changes with power increase in the various versions of the aircraft, maintaining the same MTOM, are a starting point for an analysis of the aerodynamic characteristics and performance of the accident aircraft version.

As motorizações com incrementos de potência permitem um voo com ângulos de ataque elevados por efeito do vetor de tração o que se pode traduzir numa capacidade de carga superior. O aumento do ângulo de ataque implica naturalmente um aumento do arrasto induzido com a conseqüente redução de velocidade para situações próximas do limite do envelope de voo.

The engines with increased power allow a flight with high angles of attack due to the effect of the thrust vector, which can translate into a higher load capacity. Increasing the angle of attack naturally increases the induced drag with a consequent reduction in speed when considering the operation close to the flight envelop boundaries.

Tais alterações nas características de desempenho do motor permitem uma operação próxima e acima dos limites superiores do

Such changes in the engine performance characteristics allow an operation close and

envelope de voo, mantendo os limites de carregamento. O manual refere uma Vx (velocidade de melhor ângulo de subida) de 78 KIAS, Vy (melhor razão de subida) de 87 KIAS para uma altitude densidade de 6000 ft.

exceeding the upper limits of the flight envelope, even maintaining the loading limits.

The manual mentions a Vx (best angle of climb) at 78 KIAS, a Vy (best rate of climb) of 87 KIAS considering a 6000 ft density altitude.

2.2.3.1. Condições ambientais locais || Local environment conditions

Segundo os reportes recolhidos de outras tripulações a voarem na mesma área e confirmados os dados e análise meteorológica realizada pelo IPMA, as condições ambientais locais impunham limitações à operação do AT-802.

According to reports collected from other crews flying in the same area and confirmed by the data and meteorological analysis performed by IPMA, the local environmental conditions imposed limitations on the operation of the AT-802.

Recorrendo aos limites impostos nos manuais da aeronave e aplicando as condições envolventes no momento do acidente detalhadas em 1.7, podem ser verificadas as limitações operacionais da aeronave conforme detalhado na figura seguinte:

Using the limits established in the aircraft manuals and applying the conditions of the environment at the time of the accident, detailed in 1.7, the operational limitations of the aircraft can be observed as detailed in the following figure:

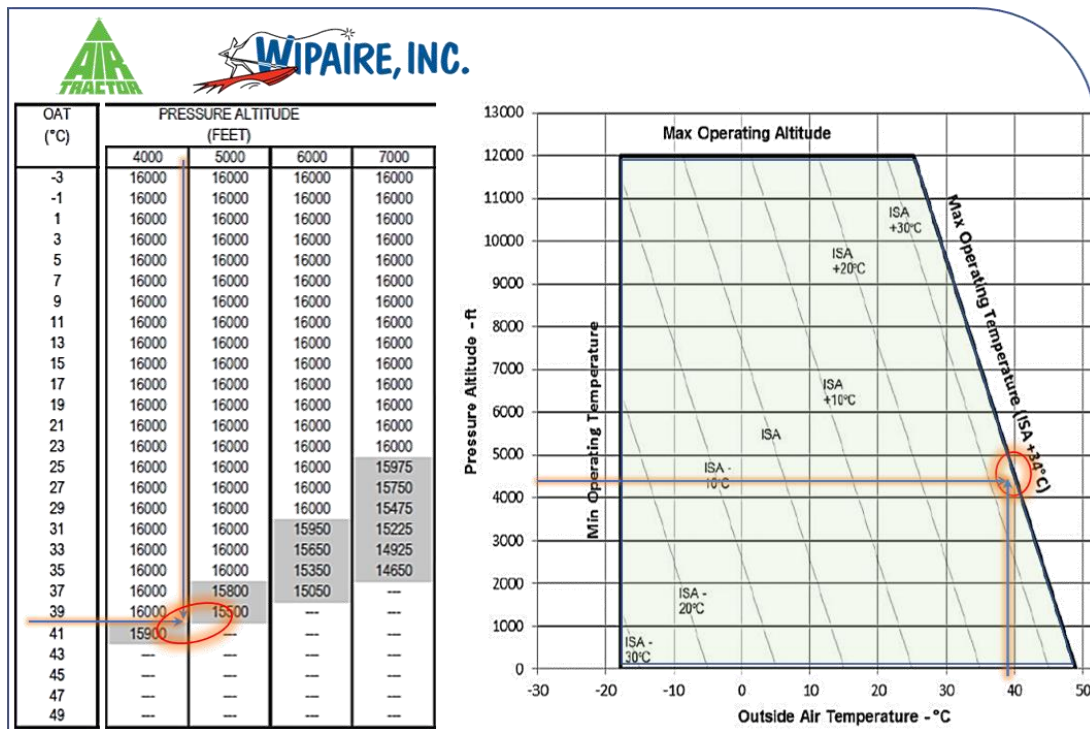


Figura 18 || Figure 18

Condições ambientais locais, temperatura e altitude de pressão || Local ambient conditions, temperature and pressure altitude

Relativamente ao gráfico temperatura, altitude de pressão, o fabricante sublinha:

Regarding the pressure altitude, temperature graph, the manufacturer underlines:

CAUTION
Do not operate outside of bold outline

Atendendo às condições da atmosfera determinadas para o local do acidente, a

Given the atmospheric conditions determined for the accident site, the aircraft was being operated

operação da aeronave estava a ser realizada no seu limite superior ou, em alguns momentos, fora dos limites (ISA +34°C) estabelecidos pelo fabricante, com a consequente redução de performance da aeronave. Deve ser notado que o fabricante refere uma limitação à massa máxima nas 15500 lb para uma temperatura de 39° com uma altitude pressão de 5000 ft, não definindo valores para condições mais adversas e fora do envelope de operação, por não serem atingidos os requisitos mínimos de razão de subida.

Adicionalmente, não se pode excluir a possibilidade de movimentos verticais da atmosfera na zona do acidente, tendo a perda de controlo da aeronave ocorrido com uma componente de vento de cauda.

at its upper limit or, at times, outside the limits (ISA +34°C) established by the manufacturer, with the consequent reduction in aircraft performance. It should be noted that the manufacturer refers to a maximum mass limitation of 15500 lb for a temperature of 39° and a pressure altitude of 5000 ft, not establishing values for more adverse conditions and outside the operating envelope, as the minimum rate of climb requirements are not met.

Additionally, the possibility of vertical movements of the atmosphere in the accident area cannot be excluded, with the loss of control of the aircraft occurring with a tailwind component.

2.2.3.2. Dados de qualidade de voo em volta || Flight quality figures in a turn

Atendendo às características de projeto nomeadamente, sentido de rotação, massa e distância da hélice ao centro aerodinâmico, torque do motor, dimensões e localização dos estabilizadores verticais, a volta pela esquerda constitui-se como uma ação natural e de tendência de voo da aeronave.

A figura seguinte detalha, de forma simplificada, as cinco características e respetivos efeitos no voo que demonstram tal tendência natural da aeronave em voltar à esquerda.

Taking into account the aircraft design characteristics, namely the propeller direction of rotation, its mass and distance to the aerodynamic centre, the engine torque, dimensions and location of the vertical stabilizers, the left turn constitutes a natural behaviour and tendency of the aircraft.

The following figure details, in a plain way, the five characteristics and respective effects on the flight that demonstrate such a natural tendency of the aircraft to turn left.

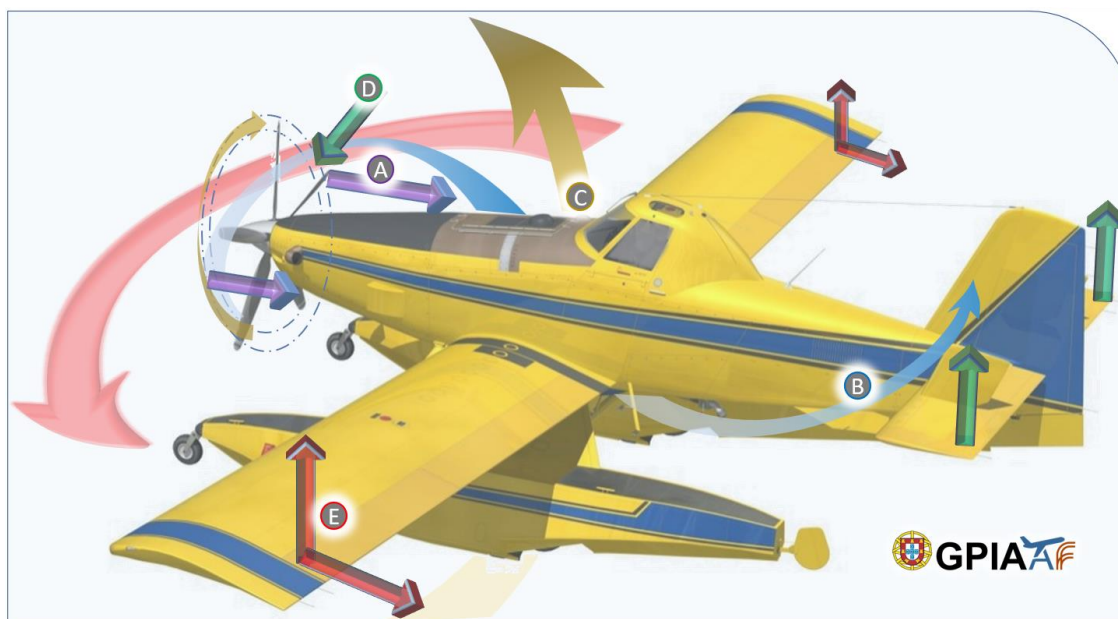


Figura 19 || Figure 19

Efeitos e conceitos físicos relativos ao projeto do modelo || Physical effects and concepts related to model design

Estas cinco características e conceitos físicos podem ser descritos resumidamente da seguinte forma:

A, *P-Factor*, é o efeito provocado pela assimetria do disco da hélice com as pás que descem relativamente às pás que sobem quando a aeronave apresenta uma atitude de nariz em cima. Este efeito é proporcional à potência aplicada e ao ângulo entre o eixo de tração e o vetor do vento relativo.

B, Efeito de rotação do ar imprimido pela hélice em torno da fuselagem da aeronave que tende a desviar a cauda para a direita.

C, efeito de torque direto de ação reação provocado pelo disco de inércia da hélice em rotação, provocando uma rotação da fuselagem em sentido oposto.

D, precessão giroscópica do disco da hélice que reage à aplicação da força a 90° do ponto de aplicação no sentido da rotação. Como exemplo, uma força aplicada para baixar o nariz da aeronave (por elevação da cauda) terá a consequente guinada à esquerda.

E, o momento adverso de guinada resulta da sustentação assimétrica das semi-asas e consequente aumento de arrasto aerodinâmico do lado com maior sustentação, seja por comando do aileron em volta ou por simples aplicação de compensador para garantir a asa nivelada em consequência do efeito C.

O fabricante publicou um vídeo⁷ onde estas cinco características intrínsecas da aeronave são debatidas, relacionando tais características com ações de pilotagem e respectivas consequências para a segurança operacional. A publicação faz referência aos dados de acidentes registados pelo NTSB e a relevância da perda aerodinâmica em volta nesses eventos.

Esta tendência e comportamento em volta da aeronave, embora facilite e torne o voo em volta à esquerda mais natural, pode dar a sensação ao piloto de uma falta de controlo efetivo da aeronave, onde a trajetória e razão de volta são limitados por ações do piloto enquanto age para contrariar esta tendência natural. Por outro lado, quando o piloto decide realizar uma volta pela direita, este sente um controlo absoluto sobre a

These five physical characteristics and concepts can be briefly described as follows:

A, P-Factor, is the effect caused by the asymmetry of the propeller disc with the blades descending relative to the blades ascending when the aircraft has a nose-up attitude. This effect is proportional to the applied power and the angle between the propeller axle and the relative wind vector.

B, Effect from the rotation of air driven by the propeller around the aircraft fuselage which tends to deflect the tail to the right.

C, Direct action-reaction effect (torque) caused by the inertia disc of the rotating propeller, causing the fuselage to rotate in the opposite direction.

D, Gyroscopic precession of the propeller disc reacting to the application of the force at 90° from the point of application in the direction of rotation. In the example, a force applied to lower the nose of the aircraft (by raising the tail) will have the consequent yaw to the left.

E, the adverse yaw moment results from the asymmetric lift of the wing and consequent increase in aerodynamic drag on the side with greater lift, either by controlling the aileron in a turn or by simply applying trim tab to ensure the wing is levelled as a result of the C effect.

The manufacturer published a video⁷ where these five aircraft intrinsic characteristics are discussed, relating these characteristics to piloting actions and their consequences on safety. The publication refers to accident data recorded by the NTSB and the relevance of the aerodynamic stall in a turn during those events.

This tendency and flight behaviour in the aircraft turn, although facilitating and making the left turn more natural, can give the pilot the feeling of a lack of effective aircraft control, where the trajectory and rate of turn are limited by the pilot actions while acting to counteract this natural tendency. On the other hand, when the pilot decides to make a right turn, there is a sense of absolute control over the aircraft as he/she will

⁷ Turn Smart - Respect the Safety Margin: <https://www.youtube.com/watch?v=gKP41xZQQgU>

aeronave pois terá de atuar de forma mais enérgica (amplitude e velocidade dos movimentos) sobre os comandos da aeronave e na proporção exata, com uma influência relativa dos cinco fatores acima debatidos, fatores estes com variações e interdependência a cada momento do voo.

Atendendo ainda ao treino recebido pelo piloto onde estas características da aeronave foram detalhadas com o responsável pela instrução do operador e, não sendo possível determinar as intenções do piloto acidentado na subsequente conversa a realizar com o piloto do A09 quando regressassem à base, é possível deduzir que o tema a debater tocasse estas características de voo da aeronave por forma a justificar a opção de volta pela direita, associando, provavelmente, a direção predominante do vento.

Analisando conceptualmente e em abstrato ambas opções de volta nas mesmas condições envolventes, a volta pela esquerda requer menos energia para realizar um mesmo trajeto. Ao voltar à direita numa condição de baixa energia, as margens de controlabilidade ficam ainda mais reduzidas, não permitindo qualquer desvio de ação sobre os comandos como um movimento exagerado dos pedais ou o cruzamento de comandos, permitindo assim uma volta descoordenada e conseqüente carregamento assimétrico da asa.

Os dados do *tracker* mostram que no penúltimo circuito na volta à direita seguindo a mesma trajetória, o A01 chegou mesmo a perder altitude junto à mesma posição relativa do circuito seguinte, zona do acidente (detalhe no anexo 5.1).

As trajetórias escolhidas e demonstradas nos registos do *tracker* obrigavam a voar com potência máxima disponível e um pranchamento significativo com a manutenção de pressão no leme de profundidade para manter o nariz em cima.

Em tais condições, puxar o manche para trás para elevar o nariz, causa um momento de guinada à direita (o mesmo efeito que aplicar o leme de direção à direita). Tal deve-se ao efeito de precessão giroscópica, atuando 90° no plano da hélice conforme mostrado no efeito **D** acima, em sentido oposto.

have to act more energetically (amplitude and speed of movements) on the aircraft controls and in the exact proportion, with a relative influence of the five factors discussed above, factors with variations and interdependence at every moment of the flight.

Also taking into account the training received by the pilot where these aircraft characteristics were detailed with the operator's instructor and, since it was not possible to determine the accident pilot's intentions in the subsequent conversation to be held with the A09 pilot when they returned to base, it is possible to deduce that the topic which was to be discussed would touch on these aircraft flight characteristics in order to justify the right turn option, probably associated with the prevailing wind direction.

Analysing conceptually and in abstract both turn options under the same surrounding conditions, the left turn requires less energy to perform the same path. When turning to the right in a low energy condition, the controllability margins are even more reduced, not allowing any deviation on the controls such as an exaggerated rudder pedals movement or crossing controls, thus allowing an uncoordinated turn and consequent asymmetric loading of the wing.

Tracker data show that on the penultimate circuit on the right turn following the same trajectory, A01 even lost altitude close to the same relative position as the next circuit, the accident zone (detail in Annex 5.1).

The trajectories chosen and demonstrated in the tracker records required flying with maximum available power and a significant bank with the maintenance of pressure on the elevators to keep the nose up.

In such conditions, pulling back on the stick in an effort to raise the nose makes the aircraft yaw right (same effect as applying right rudder). This is due to the gyroscopic precession effect, acting 90° on the plane of the propeller as detailed in effect **D** above, in the opposite direction.

Atendendo à baixa altura ao solo registada pelo *tracker* e às evidências de contacto no solo, a perda aerodinâmica terá sido seguida de uma *vrille* em estado incipiente de desenvolvimento e rapidamente contrariada pelo piloto, tendo a aeronave respondido conforme previsto nos manuais.

Sobre esta condição de voo, o manual refere que: *“as características de spinning (vrille) da versão anfíbia não foram totalmente investigadas e as técnicas de recuperação não foram estabelecidas. Na eventualidade de vrille inadvertido são sugeridos os seguintes procedimentos”*:

- 1) Hopper Load – JETTISON.
- 2) Reduce power to idle.
- 3) Neutralize the ailerons.
- 4) Apply rudder fully opposite to the direction of the spin.
- 5) Move the elevator *BRISKLY* down *AFTER* the rudder input and *HOLD* until recovery occurs.
- 6) Neutralize the controls after recovery and recover carefully from the resulting dive.
- 7) If flaps were extended, retract them during the dive recovery to avoid exceeding flap speed or acceleration limits.

As mesmas evidências disponíveis demonstram que o ponto um do procedimento foi cumprido pelo piloto, não havendo dados para determinar as ações subsequentes pelo piloto, sendo que a altura disponível ao solo não permitiria a realização de toda a sequência do procedimento.

Given the low ground clearance recorded by the tracker and the evidence of ground contact, the stall was followed by a spin in an incipient state of development and quickly counteracted by the pilot, with the aircraft responding as specified in the manuals.

Regarding this flight condition, the manual states that: *“The spinning characteristics of the amphibian have not been fully investigated and spin recovery techniques have not been established. In the event of an inadvertent spin the following procedure is suggested:”*

The same available evidence shows that item one of the procedure was fulfilled by the pilot, with no data to determine the subsequent pilot actions, where the available height over the ground would not allow to go through the entire sequence of the procedure.

2.3. O operador || The operator

2.3.1. Treino dos pilotos || Pilots training

O piloto acidentado recebeu treino teórico e prático no modelo da aeronave onde foi descrito o comportamento da aeronave em volta à esquerda e à direita com as respetivas diferenças em resultado da configuração e projeto da aeronave.

Segundo as declarações do piloto instrutor, este detalhou e demonstrou a dinâmica das voltas para ambos os lados.

Conforme previsto na regulamentação, o operador tem detalhado no seu MOV na parte D o registo do treino e as manobras executadas, bem como a verificação/avaliação das mesmas. Os registos mostram que o treino do piloto foi realizado em 29/04/2021 com verificação no dia seguinte em 30/04/2021, ambos realizados com

The accidented pilot received theoretical and practical training on the aircraft type, where the aircraft behavior in left and right turns was described underlining the main differences as a result of the aircraft configuration and design.

According to the instructor pilot’s statements, he detailed and demonstrated the aircraft dynamics during the turns for both sides.

As provided for in the regulation, the operator has detailed in his MOV in part D the training record and the maneuvers performed, as well as their verification/assessment. The records show that the pilot's training was performed on 04/29/2021 and subsequent assessment on the next day, 04/30/2021, both carried out with the

a supervisão e avaliação do mesmo piloto instrutor.

Na secção 2 (proficiência com o avião) estão registados o treino e avaliação de voo a baixas velocidades, voltas à esquerda e direita com pranchamentos de 45 e 60° e perdas nas várias configurações.

supervision and evaluation of the same instructor pilot.

In section 2 (proficiency with the aircraft) flight training and evaluation at low speeds, left and right turns with 45 and 60° bank and stall training in the various configurations were recorded.

Secção 2	TREINO		VERIFICAÇÃO		Operator MOV Part D
	PILOTO	INSTRUTOR	PILOTO	VERIF	
2. Proficiência com o avião (VFR)					
2.1 Voo reto e nivelado a várias velocidades incluindo voo a velocidades criticamente baixas com e sem flaps	29/04/2021 A	B	30/04/2021 A	B	A Assinatura do piloto Pilot signature
2.2 Voltas (viragens) apertadas (360° direita e esquerda com inclinação de 45° e 60°)	A	B	A	B	B Assinatura do instrutor/verificador Instructor/examiner signature
2.3 Perdas e recuperação i Perdas sem flaps e recuperação standard ii Aproximação à perda em volta descendo, em configuração e potência de aproximação iii Aproximação à perda em configuração e potência de aterragem. iv Aproximação à perda em volta subindo flaps de decolagem e potência de subida	A	B	A	B	

Figura 20 || Figure 20

Registo de formação e verificação do piloto || Pilot training and verification records

A prática descrita no manual do operador e seguida com o piloto do evento está em linha com os requisitos genéricos do recente regulamento da Autoridade Nacional da Aviação Civil n.º 641/2022.

O artigo 6.º e 7.º do referido regulamento referem a necessidade da realização de treino e verificação de proficiência dos pilotos pelo operador sem, no entanto, detalhar conteúdos técnicos, manobras específicas ou objetivos do treino e respetiva avaliação.

Relativamente aos objetivos de treino de prevenção de *vrille* e recuperação da perda aerodinâmica, seja em treino inicial ou como parte de um programa UPRT para pilotos experientes, é essencial que este forneça a experiência, conhecimento e as habilidades

The described practice in the operator's manual and followed with the event pilot is in line with the generic requirements of recent regulation from the National Civil Aviation Authority n° 641/2022.

Articles 6 and 7 of the aforementioned regulation refer to the need for the operator to carry out training and verify the pilots' proficiency without, however, detailing technical content, specific manoeuvres or objectives of the training and respective assessment.

Regarding the purpose of spin avoidance and stall recovery training, whether for ab-initio pilots training or as part of upset prevention and recovery training (UPRT) for experienced pilots, is to deliver the experience, knowledge and skills

necessárias para voar a velocidades abaixo da velocidade de mínimo arrasto aerodinâmico. Reconhecer a aproximação e recuperação de perda efetiva, incluindo a queda de asa na perda e gerir a energia da aeronave durante a recuperação com e sem aplicação de potência são competências essenciais para a operação de combate aos incêndios.

Atendendo a que a perda de controlo em voo (LOC-I) com entrada em perda ou *vrille* continua a representar uma fatia significativa dos acidentes de aviação, os reguladores Europeus e dos EUA detalham exercícios de treino prático de pilotos com voo lento e perda, com foco na prevenção da perda e *vrille*, recomendando o uso de elementos de distração dos alunos durante a realização de tais manobras por forma a ser conseguida uma abordagem realista de entrada inadvertida em perda e *vrille*, em substituição da realização intencional e premeditada de tais manobras.

Esta abordagem traz também benefícios ao não introduzir ações de comando que podem resultar no denominado treino negativo. Assim, este método não requer a aplicação de ações sobre a aeronave que a coloquem fora de controlo para as quais o praticante, seja ele instrutor, aluno ou qualquer outro piloto não esteja previamente treinado em *vrille*. Prevenção, reconhecimento e recuperação de atitudes anormais são as etapas mínimas a considerar no treino e avaliação de pilotos, com foco nos objetivos:

- Prevenção — ação, em tempo útil, para evitar um estado de baixa energia da aeronave com possível consequente perda de controlo.
- Reconhecimento — ação, em tempo útil, para reconhecer uma divergência da trajetória de voo pretendida, interrompendo a progressão para uma condição de perda de controlo.
- Recuperação — ação, em tempo útil, de recuperação de uma perda de controlo.

O treino de entrada intencional em *vrille* e recuperação da mesma só deve ser realizado em aeronaves aprovadas para tal.

required to fly at speeds below the speed for minimum drag.

Recognising and recovering from approaching stall and full stall including wing drop at the stall and to manage aircraft energy in the recovery with and without the use of power are essential pilot skills for firefighting operations.

Considering that loss of control in-flight (LOC-I) by stalls and spins continue to be a significant contributing factor to accidents in aviation, US and European regulators describe practical slow flight and stalling exercises for pilot training with a focus on stall and spin avoidance and recommend distraction of the student during slow flight manoeuvres to provide a realistic approach to inadvertent stall-spin conditions, rather than conducting intentional and deliberate spin entry.

This approach to training has the further benefits of not introducing control inputs which may result in negative training. Neither does this method introduce control inputs for which an instructor, student, or any pilot should not practice without prior spin training.

Prevention, recognition and recovery of abnormal attitudes are the minimum steps to consider in pilot training and assessment, focusing on the following objectives:

- Prevention — timely action to avoid progression toward a low aircraft energy state and potential upset.
- Recognition — timely action to recognise divergence from the intended flight path and interruption of progression toward a potential upset.
- Recovery — timely action to recover from an upset.

Spinning and spin recovery training must only be conducted in aircraft approved for intentional spinning.

2.3.2. Políticas e procedimentos do operador || Operator practices and policies

Verificação entre pares:

A experiência ao longo dos anos na operação de combate aos incêndios levou a que os operadores e fabricantes fossem adequando os equipamentos e procedimentos às falhas detetadas em operação. Esta evolução suportada em eventos de segurança passados envolvendo aeronaves anfíbias, alguns deles com consequências materiais, levaram a uma combinação do uso de tecnologia e procedimentos padrão com resultados e implicação direta positiva no número de eventos registados.

Um exemplo desta evolução em adição ao uso de listas de verificação, embora não permitindo a eliminação completa do risco, foi a adoção de verificação entre pares da condição do trem em cima ou em baixo (verificação cruzada entre os pilotos) para amarragem e aterragem, complementado com a instalação de equipamento a bordo com informação visual e auditiva redundante.

Por analogia, o voo em parelha permite serem criados procedimentos formais ou informais para verificação mútua entre os pilotos de que tudo corre como previsto, incluindo detalhes de performance por comparação das aeronaves na mesma missão. Esta prática permite levar o conceito de CRM⁸ à complexidade de uma operação multipiloto adaptada a um ambiente envolvendo múltiplas aeronaves.

Um ponto de interação crítico e relevante para o evento foi a continuada observação pelo asa da redução de distância para o líder.

Os SOPs do operador em vigor à data do acidente referiam:

g) Se o asa verificar que está a perder distância para o avião líder durante os scoopings e circuitos de largada, deve comunicar ao líder que se encontra fora de posição. Para voltar à distância correta, o asa pode antecipar a volta cortando

Peer checks:

Experience over the years in firefighting operations has led operators and manufacturers to adapt equipment and procedures to the flaws detected in operation. This evolution supported by past safety events involving amphibious aircraft, some of them with material consequences, led to a combination of technology and standard procedures application with positive results and direct consequences in the number of recorded events.

An example of this evolution in addition to the use of checklists, although not allowing the complete elimination of the risk, was the adoption of peer verification of the landing gear condition (cross-checking between pilots) for ditching and landing, complemented with the installation of equipment on board with redundant visual and aural information.

By analogy, the flight as pairs allows the foundation of formal or informal procedures for mutual verification between the pilots that everything is going as planned, including details of performance by comparing the aircraft in the same mission. This practice allows taking the CRM⁸ concept to the complexity of a multi-pilot operation adapted to a multi-aircraft environment.

A critical and relevant interaction point for the event was the continued observation by the wingman of the reducing distance to the leader.

The SOPs in force at the time of the accident stated:

g) If the wingman finds that he is losing distance to the lead aircraft during scooping and release circuits, he/she must inform the leader that he/she is out of position. To return to the correct distance, the wingman can anticipate the turn by

⁸ CRM – Uso efetivo de todos os recursos disponíveis às tripulações de voo por forma a assegurar uma operação segura e eficiente, reduzindo erros, evitando stress e aumentando a eficiência || Crew Resource Management (CRM) is the effective use of all available resources for flight crew personnel to assure a safe and efficient operation, reducing error, avoiding stress and increasing efficiency.

caminho, corrigindo assim uma distância excessiva.

O procedimento de assegurar a separação terá sido cumprido, contudo, a parelha não tirou partido do facto reconhecido das aeronaves apresentarem diferentes performances no sentido de realizarem uma análise crítica na determinação da causa para o baixo desempenho na subida e velocidade reduzida do A01.

Escolha do líder pelo operador:

Para que o conceito de CRM possa ter algum efeito numa operação tão complexa como o combate aéreo aos incêndios florestais, é essencial que a parelha disponha de um líder conhecedor não só dos aspetos técnicos da aeronave e da operação, mas também capaz de dar o espaço necessário ao contributo dos elementos da equipa.

O processo do operador de nomeação do líder das parelhas era, à data do evento, um processo informal assente na percepção do diretor de operações após uma avaliação de performance observável das competências e atitudes dos pilotos disponíveis em cada uma das bases.

Sistema de gestão de segurança operacional:

O operador tinha, à data do evento, em vigor um sistema de gestão de segurança operacional com os seus procedimentos descritos no respetivo manual (MGSO) na sua versão 0.

O capítulo 6 do referido manual é dedicado à Gestão de Riscos de Segurança onde está definida a metodologia para a construção da matriz de tolerância do risco. No ponto 6.7.10 são descritos os procedimentos de registo de perigos, avaliações e controlo do risco.

Embora estivessem definidos os métodos de análise, avaliação e mitigação de riscos, contendo algum trabalho relativamente aos riscos operacionais específicos das missões, tais conteúdos não se faziam refletir numa matriz de risco com ações de mitigação identificadas.

A utilização e método de operação dos equipamentos a bordo devem constar nos aspetos de padronização das operações (SOPs) mas também numa análise detalhada ao risco de operar nos modos alternativos previstos no manual da aeronave, como é o caso do sistema

cutting the path, thus correcting an excessive distance.

The procedure to ensure the separation was completed, however, the team did not take advantage of the recognized fact that the aircraft presented different performances in order to carry out a critical analysis in determining the cause for the A01 low performance in the climb and reduced speed.

Operator appointment of leader:

In order for the CRM concept to have any positive effect in an operation as complex as aerial firefighting, it is essential that the team has a leader who is knowledgeable not only about the technical aspects of the aircraft and the operation, but also capable of giving necessary space for the contribution of the team members.

The operator's process for appointing the leader was, at the time of the event, an informal process based on the perception of the flight ops director after an observable performance assessment of the pilots' skills and attitudes from the available pilots at each of the assigned bases.

Safety management system:

At the time of the event, the operator had an operational safety management system in place with its procedures described in the related manual (MGSO) in its version 0.

Chapter 6 of that manual is dedicated to Safety Risk Management, where the methodology for building the risk tolerance matrix is defined. Section 6.7.10 describes the procedures for hazards record, risk assessments and control.

Although the methods of risk analysis, assessment and mitigation were defined, including some performed work in specific operational risks of the firefighting missions, such contents were not reflected in a risk matrix with identified mitigation actions.

The on-board equipment usage and related operational mode must be included in the standardization aspects of operations (SOPs) but also include a detailed risk analysis for operating in alternative modes foreseen in the aircraft

de recolha de água em modo manual vs automático.

manual, as is the scooping operation in manual vs automatic function.

2.4. O sistema de seguimento do contratante (FAP) || The tracker system from the contractor (FAP)

Decorrente de necessidades contratuais para controlo das missões realizadas pelos diferentes operadores, o contratante de meios aéreos para combate aos incêndios rurais, a FAP, definiu que cada aeronave deveria operar com um dispositivo de seguimento de voo, denominado de *tracker*, disponibilizado pelo contratante e com visualização em tempo real das missões. O modelo a bordo da aeronave acidentada era um dispositivo RockAir tendo por base de informação dados GPS e configurado com envio de amostras por sinal da rede de telemóvel ou satélite em intervalos de 15 segundos. O dispositivo conta ainda com um registo em cartão de memória interno com intervalos de 1 segundo.

Embora tenha sido reconhecida ao longo dos anos a necessidade de melhoramentos no sistema e instalação, nomeadamente ao nível da sua alimentação externa para evitar falhas por drenagem da bateria interna, o sistema serve os propósitos do contratante podendo fornecer, entre outras, informações precisas de início e fim das missões, trajetórias e número de descargas realizadas no teatro de operações.

O dispositivo portátil não requer qualquer tipo de certificação suplementar pelas características de portabilidade e ausência de interferência com os sistemas da aeronave, sujeita a validação após cada instalação. O RockAir não foi projetado sob os requisitos internacionais de resistência à colisão ou fogo, pelo que depende em exclusivo do sistema de envio de dados em caso de acidente com danos no equipamento.

Tendo em consideração o tipo de operação, o número de ocorrências de segurança registados em cada ano e a envolvente regulamentar própria da atividade de combate aos incêndios, seria extremamente útil, no âmbito da segurança operacional, que o dispositivo permitisse um maior número de parâmetros de voo a serem recolhidos e, não menos importante, que a amostra de dados transmitidos para a nuvem

As a result of contractual needs to oversight the missions carried out by the different operators, the contractor for aerial means for the firefighting, FAP, determined that each aircraft should operate with a flight tracking device, called a tracker, made available by the contractor and with real-time visualization of the missions.

The model on board the crashed aircraft was a RockAir device based on GPS data and configured to send samples by cell phone or satellite network signal at 15 seconds intervals.

The device has also an internal memory card recording the same data at intervals of 1 second.

Although the need for improvements in the system has been recognized over the years, namely in regarding external power supply to avoid failures due to internal battery draining, the system serves the contractor's purposes may provide, among others, accurate information regarding mission initiation and ending, trajectories and the number of water drops carried out in fires.

The portable device does not require any additional certification due to its portability and lack of interference with aircraft systems, subject to validation after each installation. RockAir was not designed under international requirements for resistance to collision or fire, such that it depends exclusively on the data transmission system in the event of an accident with damage to the equipment.

Considering the type and complexity of operation, the number of safety incidents recorded each year and the specific regulatory environment of firefighting activity, it would be extremely useful, for safety, that the device to allow a greater number of flight parameters to be collected and, not least, for the data sample transmitted to the cloud to be taken to its maximum capacity of one sample every second.

fosse levada à sua capacidade máxima de uma amostra a cada segundo.

Se é certo que o intervalo de 15 segundos servem o propósito e os requisitos de validação contratual, o mesmo não se pode afirmar quanto às necessidades levantadas pelos processos de investigação de segurança aos eventos registados recentemente.

If it is true that the 15-second interval serves the purpose and requirements of contractual validation, the same cannot be said regarding the needs raised by the safety investigation processes when looking to the recently recorded events.

2.5. Coordenação dos atos forenses || Coordination of forensic acts

A estreita colaboração no terreno entre os investigadores do GPIAAF e os inspetores da Polícia Judiciária não evitou que o exame médico e patológico realizado ao piloto acidentado fosse ordenado e realizado sem consulta prévia destas entidades.

A autópsia do piloto foi realizada pelo órgão médico competente designado pelo Ministério Público para o efeito, sem que tenham sido acautelados e considerados os requisitos forenses previamente discutidos entre a investigação e os elementos da Polícia Judiciária.

Apesar de a legislação europeia, nomeadamente o Regulamento (EU) 996/2010, de aplicação direta nos Estados Membros, ser muito claro quanto a dever ser dada a oportunidade de a autoridade de investigação de acidentes exercer o seu direito de contribuir para a autópsia das vítimas dos acidentes, os diferenciados níveis de conhecimento dos departamentos de investigação e ação penal do Ministério Público têm levado a procedimentos não padronizados no território nacional.

Tal constitui um desvio significativo em relação ao legalmente disposto, o qual pode trazer prejuízo relevante quanto ao conhecimento dos aspetos de sobrevivência das vítimas relevantes para a investigação de segurança.

No presente evento, o tipo de progressão do incêndio, após imobilização da aeronave, relativizou a necessidade de definição dos requisitos específicos dos exames patológicos.

Apesar do protocolo de colaboração existente entre esta autoridade de investigação e a Procuradoria-Geral da República, tal nem sempre tem garantido que os procuradores dos DIAP no terreno atuem de forma devidamente articulada

The close collaboration on the accident site between the GPIAAF investigators and the Judiciary Police inspectors did not prevent the medical and pathological examination carried out to the fatally injured pilot from being ordered without prior consultation with these entities. The autopsy of the pilot was performed by the competent medical body designated by the Public Prosecutor Office for this purpose, without having been taken in consideration the forensic requirements previously discussed between the investigation and the Judicial Police.

Although European legislation, namely Regulation (EU) 996/2010, which is directly applicable in the Member States, is very clear as to whether the accident investigation authority should be given the opportunity to exercise its rights to contribute to the accident's victims autopsy, the different levels of knowledge of the criminal investigation departments from the Public Prosecutor Office have led to non-standardised procedures across the Portuguese territory.

This constitutes a significant deviation from the legal provisions, which can bring significant damage to the investigation and knowledge of victim's survival aspects relevant to safety investigation.

In the present event, the type of fire progression after the aircraft immobilization, relativized the need to outline the pathological examinations specific requirements.

Despite the existing memorandum of understanding between the investigation authority and the Attorney General's Office, this does not always guarantee that DIAP prosecutors act on the field in a duly and articulated manner

com a Autoridade de investigação de acidentes com aeronaves. Tal pode ter efeitos negativos na ação para melhoria da segurança da aviação que compete a esta Autoridade.

with the safety investigation Authority. This may have negative effects on the action to improve aviation safety that is the responsibility of this Authority.

3. CONCLUSÕES || CONCLUSIONS

3.1. Constatações da investigação || Findings

3.1.1. A aeronave || The aircraft

- a) Os registos mostram que a aeronave estava certificada, equipada e mantida de acordo com os regulamentos existentes e procedimentos aprovados;
- b) A aeronave estava aeronavegável quando despachada para o voo;
- c) Não havia evidência de falhas na estrutura da aeronave ou mau funcionamento dos sistemas antes da colisão com o solo;
- d) O baixo desempenho da aeronave nas fases de subida associada a uma atitude cabrada foi notada pelo piloto asa;
- e) A massa e o centro de gravidade da aeronave estavam dentro dos limites prescritos quando esta iniciou o voo, sendo contudo, provável que estivesse a operar acima da massa máxima autorizada em sequência do carregamento de água realizado;
- f) A aeronave foi destruída pelas forças geradas no impacto com o solo e pelo fogo desenvolvido após a colisão;
- g) O motor parou de funcionar na sequência do impacto com o solo;
- h) A aeronave não estava equipada com sistema de gravação de dados de voo (FDR) ou de voz do cockpit (CVR), nem tal é requerido pela regulamentação. O sistema de seguimento de voo estava a funcionar e enviou amostras de dados válidas a cada 15 segundos;
- i) Não era possível recuperar da perda com a altura ao solo disponível.

- a) The records show that the aircraft was certified, equipped and maintained in accordance with existing regulations and approved procedures;
- b) The aircraft was airworthy when dispatched for the flight;
- c) There was no evidence of airframe failure or system malfunction prior to the collision with the ground;
- d) The aircraft poor performance in the climb phases associated with a high-pitch attitude was noted by the wingman;
- e) The mass and the centre of gravity of the aircraft were within the prescribed limits when the flight was initiated, however, it is likely that it was operating above the maximum authorized mass as a result of the performed water scoops;
- f) The aircraft was destroyed by the forces generated on impact with the ground and by the post-crash fire;
- g) The engine stopped after ground impact;
- h) The aircraft was not equipped with a flight data recorder (FDR) or a cockpit voice recorder (CVR), neither was it required by regulation. The tracker system was operating properly and sent data samples every 15 seconds;
- i) There was insufficient height available to execute a recovery from the stall.

3.1.2. Tripulação || Crew

- a) O piloto estava licenciado e qualificado para o voo de acordo com os regulamentos existentes;
 - b) O piloto estava clinicamente apto para conduzir o voo e não há indícios que tenha sofrido qualquer episódio súbito com influência na sua capacidade de controlo da aeronave;
- a) The pilot was licensed and qualified for the flight in accordance with existing regulations;
 - b) The pilot was medically fit to conduct the flight and there was no evidence that the pilot suffered any sudden illness or incapacity which might have affected his ability to control the aircraft;

c) O piloto cumpria com os tempos de trabalho e descanso diários;

d) Não foi possível relacionar as informações recolhidas relativamente à carga de trabalho da semana com o desempenho do piloto na missão do acidente.

c) The pilot complied with the daily work and rest times;

d) It was not possible to relate the gathered information regarding the week's workload with the pilot's performance during the accident mission.

3.1.3. Operações de voo || Flight operations

a) O voo foi realizado de acordo com os procedimentos do Manual de Operações do operador;

b) O piloto do A01 realizou a missão em parilha com outra aeronave, o A09, cujo piloto reportou ter tido dificuldades em manter a separação do A01;

c) As operações de recolha de água foram, provavelmente, realizadas em modo manual;

d) O operador treinava os seus pilotos a operar com o sistema de recolha de água exclusivamente em modo manual, por não considerar fiável o sistema automático;

e) Não foi possível aferir a quantidade de água carregada nos vários ciclos, determinando-se, no entanto, que esta seria a única variável de diferenciação de performance entre as aeronaves da parilha;

f) As condições meteorológicas e a envolvente da missão colocavam as aeronaves numa situação de operação no limite ou até ultrapassando o limite do seu desempenho operacional;

g) Não se pode excluir a possibilidade de movimentos verticais da atmosfera na zona do acidente, tendo a perda de controlo da aeronave ocorrido com uma componente de vento de cauda;

h) O operador não tinha definidos procedimentos de nomeação e aprovação do piloto líder das parilhas;

i) A matriz de risco do sistema de gestão de segurança do operador não identificava claramente os riscos operacionais do uso dos diversos equipamentos a bordo nos diferentes modos de funcionamento.

a) The flight was conducted in accordance with the procedures in the company Operations Manual;

b) The A01 pilot performed the mission with another aircraft in formation, the A09, whose pilot reported having difficulties in maintaining separation from A01;

c) The water scooping operations were, probably, carried out in manual mode;

d) The operator trained his pilots to operate the water scooping system exclusively in manual mode, for considering the automatic system unreliable;

e) It was not possible to ascertain the amount of water scooped in the various cycles, it was however establishing that this would be the only performance dissimilarity between the sister pair's aircraft,

f) The weather and environmental conditions in which the aircraft was operating placed the aircraft at or above the limit of its operational performance;

g) The possibility of vertical movements of the atmosphere in the accident area cannot be excluded, with the loss of control of the aircraft occurring with a tailwind component;

h) The operator did not have established procedures for appointing and approving the formation's lead pilot;

i) The operator's safety management system risk matrix did not clearly identify the operational risks of using the different equipment on board in the different modes of operation.

3.1.4. Sobrevivência || Survivability

- | | |
|--|---|
| <p>a) O piloto usava os cintos de segurança de cinco pontos;</p> <p>b) O piloto usava capacete de proteção, fato de voo e colete;</p> <p>c) Os danos na estrutura primária do cockpit decorrentes da colisão e dissipação de energia no solo são consistentes com a manutenção de espaço útil de sobrevivência;</p> <p>d) O acidente foi caracterizado como de sobrevivência improvável pelo fogo intenso decorrente da colisão e libertação de energia instantânea impedindo a saída do piloto da aeronave em tempo útil;</p> <p>e) Não se demonstrou que a eventual instalação, não prevista nos manuais da aeronave, de braçadeiras plásticas no sistema de abertura normal das portas tenha tido influência na probabilidade de sobrevivência do piloto;</p> <p>f) Não foi coordenada com a investigação de segurança a realização dos exames médicos e patológicos ao piloto, contudo os resultados dos exames realizados não identificaram presença de álcool ou drogas.</p> | <p>a) A five-point shoulder harness was available and was worn by the pilot;</p> <p>b) The pilot wore a protective helmet, flight suit and life vest;</p> <p>c) Damage to the primary cockpit structure from the ground collision and energy dissipation are consistent with maintaining a usable survival space;</p> <p>d) The accident was not survivable due to the intense post-crash fire resulting from the collision and the instantaneous release of energy, preventing the pilot from egressing the aircraft in useful time;</p> <p>e) It has not been demonstrated that the possible installation of plastic tie-wraps in the door's normal opening system, not foreseen in the aircraft manuals, had influenced pilot survivability;</p> <p>f) Medical and pathological examinations of the pilot were not coordinated with the safety investigation, however the results of the performed examinations did not identify the presence of alcohol or drugs.</p> |
|--|---|

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

3.2.1. Causas prováveis || Probable causes

A causa determinada para o acidente foi a perda de controlo da aeronave em subida e em volta pela direita, após carga de água numa operação de combate a um incêndio rural.

The determined cause for the accident was the aircraft loss of control on the climb phase in a right turn, after water scooping during a rural firefighting operation.

3.2.2. Fatores contributivos || Contributing factors

Contribuíram para o acidente os seguintes fatores:

- uma prática continuada de voo lento pelo piloto durante a missão, com velocidades próximas da velocidade de perda aerodinâmica, diminuindo as margens de segurança operacionais durante as manobras em voo;
- o método de carga de água realizado por referências visuais subjetivas sem indicação precisa da quantidade de água carregada,

To the accident, the following contributing factors were present:

- the continues slow flight practiced by the pilot during the mission, with speeds close to the stall speed, reducing operational safety margins during maneuvers in flight;
- the water scooping method performed using subjective visual cues without a precise indication of the amount of water loaded, creating

criando condições para uma provável ultrapassagem dos limites de massa máxima da aeronave;

- a condição de vento predominante com componente cauda significativa nos momentos precedentes à perda de controlo;
- a ausência de procedimentos do operador para a tomada de ações de mitigação após identificação, entre os pilotos, de um desvio à operação normal.

conditions for a probable exceedance of the aircraft maximum take-off mass;

- the prevailing wind condition with a significant tail component in the moments preceding the loss of control;
- the lack of operator's procedures with mitigation actions, among pilots, after identifying a deviation from normal operations.

4. RECOMENDAÇÕES || RECOMMENDATIONS

De acordo com o artigo 17.3 do Regulamento Europeu (UE) 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 à 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 ações de segurança entretanto tomadas pelas partes relevantes assim como as recomendações que o GPIAAF entende emitir para mitigar as questões de segurança operacional identificadas na investigação que subsistam.

In accordance with Article 17.3 of European Regulation (EU) No. 996/2010 of the European Parliament and Council of 20 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 safety actions taken by the relevant parties after the event, as well as the recommendations that GPIAAF still considers necessary to issue in order as to address the remaining safety issues identified in the investigation.

4.1. Ações de segurança tomadas desde o evento || Safety actions taken after the event

4.1.1. Pelo operador || By operator

O operador, seguindo os seus procedimentos de investigação interna e processo de melhoria contínua, informou a investigação sobre as ações de segurança entretanto implementadas:

Nomeação de pilotos para a função de líder:

Na última revisão de janeiro de 2023 dos SOP's, o operador definiu:

3.2.1 Piloto Líder

Nas bases com mais de um avião, a companhia designará um "Piloto de Líder" previsto na programação mensal.

O "Piloto de Líder" será aquele que a Direção de operações de voo estime reunir as melhores características em função da experiência de voo e no combate aéreo aos incêndios florestais,

The operator, following the internal investigation procedures and its continuous improvement process, informed the investigation about the following implemented safety actions:

Lead pilot nomination process:

In the latest revision of the SOP's in January 2023, the operator established:

3.2.1 Lead Pilot

In bases with more than one aircraft, the company will designate a "Lead Pilot" foreseen in the monthly schedule.

The "Lead Pilot" will be the one that the Flight Operations Department considers to have the best characteristics in terms of flight experience

idade, conhecimento local e nível de idioma em português.

Estabeleceu também os requisitos mínimos para ser proposto como piloto líder:

-130 horas no AT-802/A;

-80 horas de combate aéreo a incêndios florestais;

Caso preencha os requisitos mínimos, o SOP refere que o piloto deve passar ainda por uma fase transitória como líder em adaptação e com um asa qualificado como líder, pelo período mínimo de 5 voos de combate aéreo em TOs diferentes, por forma a permitir ao candidato vivenciar cenários com diferentes características operacionais (vento, COPAR, elevação, relevo, etc...).

O piloto envolvido no evento não cumpria com estes requisitos, se então se aplicassem.

Aplicação de braçadeiras no sistema de abertura normal da porta:

Atendendo à dinâmica do acidente e respetivo processo de dissipação de energia, não há evidências que suportem qualquer condição ou fator de sobrevivência relevante condicionado pela adição das braçadeiras plásticas no sistema de abertura normal das portas do cockpit. É, contudo, um bom exemplo de como a adoção de procedimentos ou ações aparentemente menores e sem significado reconhecido pelos operacionais, podem ter sérias repercussões na segurança operacional.

Os dados recolhidos pela investigação e pelo fabricante da aeronave sugerem uma falta de conhecimento generalizada sobre as práticas de manutenção do sistema entre os vários operadores, optando estes pela implementação da mesma solução (uso de braçadeiras).

Tirando partido da partilha de conhecimento na comunidade, no decorrer da investigação o fabricante alertou e divulgou pelos operadores os riscos associados ao uso da solução das braçadeiras plásticas e proibiu a sua utilização (ver secção 5.2). O operador que tinha já iniciado contactos com o proprietário da frota sobre a problemática do bloqueio das portas adotou, entretanto, as recomendações do fabricante.

and aerial combat against forest fires, age, local knowledge and language level in Portuguese.

It also established the minimum requirements to be proposed as a lead pilot:

-130 hours on the AT-802/A;

-80 hours of aerial firefighting;

If he/she meets the minimum requirements, the SOP states that the pilot must also go through a transitional phase as leader in adaptation and as a wingman qualified as leader, for a minimum period of 5 firefighting flights in different operating theatres, in order to allow the candidate to experience scenarios with different operational characteristics (wind, COPAR, elevation, terrain, etc...).

The pilot involved in the event did not meet these requirements, if they had been applicable at that time.

Tie-wraps application in the normal door opening system:

Given the accident dynamics and the resultant energy dissipation process, there is no evidence to support any relevant condition or survival factor conditioned by the addition of the plastic tie-raps in the normal opening system of the cockpit doors. It is, however, a good example of how the adoption of apparently minor procedures or actions, with no recognized meaning by the operators, can have serious repercussions on safety aspects in the operation.

Data collected by the investigation and the aircraft manufacturer suggests a generalized lack of knowledge of door latching system maintenance practices across multiple operators, leading those operators to implement the same solution (install tie-wraps).

Taking advantage of knowledge sharing in the community, during the course of the investigation the manufacturer warned and disclosed to operators the risks associated with the use of the plastic tie-wraps solution and prohibited its use (see section 5.2). The operator, who had already initiated contacts with the fleet owner about the door locking system, has since adopted the manufacturer's recommendations.

Procedimento de voo em parelha:

Num processo de uniformização da frota, os operadores tendem a desenvolver procedimentos padronizados por forma a retirar o máximo partido na exploração das aeronaves sem esquecer os aspetos de segurança operacional.

Nesse processo de adequação dos procedimentos à realidade da operação, os operadores vão aplicando a experiência do terreno em métodos e formas de fazer retirando lições de eventos mais ou menos relevantes e adequando as práticas. É fundamental que esse processo de melhoria contínua siga um ciclo de desenho de procedimentos, seguido de experiência e implementação das melhores práticas e por fim, avaliar as ações tomadas e as consequências da melhoria na operação.

As conclusões do evento reforçaram a necessidade de o operador estabelecer medidas concretas sobre comportamentos observados e discutidos entre os elementos das parelhas.

Nesse sentido, o operador estabeleceu um procedimento de voo em parelha para que os pilotos procedam ao alerta entre pares após avaliação e monitorização contínua da performance das aeronaves na mesma missão, tirando partido da possibilidade de comparação das características de aeronaves semelhantes a operar nas mesmas condições e a agir sobre os desvios detetados.

Procedure for formation flights:

During a fleet standardization process, the operators tend to develop standardized procedures in order to take full advantage of the operation of aircraft without minimizing the safety aspects.

In this process of adapting procedures to the reality of the operation, the operators apply field experience to methods and ways of doing things, drawing lessons from past events and adapting the known practices. It is essential that this continuous improvement process follows a procedure design cycle, followed by the trial and implementation of best practices and, finally, evaluating the actions taken and the real consequences for the operation after implementation.

The event conclusions reinforced the need for the operator to establish concrete measures on observed and discussed behaviours between the members of the formation.

Following those requirements, the operator established a flight procedure for formation flights so that the pilots proceed with peer alerts upon evaluation and continuous monitoring of the aircraft performance in the same mission, taking advantage of the possibility of comparing the characteristics of similar aircraft operating in the same conditions and acting on detected deviations.

4.1.2. Pela Procuradoria-Geral da República | | By Public Prosecutor's Office (PGR):

Para além do necessário cumprimento dos requisitos expressos na Lei, a coordenação entre as investigações a cargo do Ministério Público e as investigações de segurança, no respeito dos limites de responsabilidade de cada entidade, traz evidentes vantagens para ambas as investigações e contribui para a construção de bases técnicas sólidas suportadas em evidências e, por consequência, serve melhor os propósitos do trabalho desenvolvido em cada uma das áreas de investigação.

Para esse objetivo é essencial que as delegações regionais da PGR sejam conhecedoras dos requisitos legais obrigatórios de coordenação prévia com o GPIAAF, nomeadamente na

In addition to the necessary compliance with the requirements expressed in the Law, coordination between the investigations carried out by the Public Prosecutor's Office and the safety investigations, while respecting the limits of responsibility of each entity, brings clear advantages to both investigations and contributes to the construction of solid technical bases supported by evidence and, consequently, better serve the purposes of the work carried out in each of the areas of investigation.

For this objective, it is essential that the PGR regional delegations are aware of the mandatory legal requirements for prior coordination with the GPIAAF, namely in defining the medical and

definição dos exames médicos e patológicos a realizar às vítimas conforme previsto nos artigos 11.º, n.º 2 d), e) e 12.º n.º 1 do Regulamento (UE) n.º 996/2010.

Na sequência da disponibilidade demonstrada pela PGR, foi iniciado um processo conjunto de identificação de iniciativas para a otimização da colaboração técnica entre as entidades, com vista a garantir e ressaltar a respetiva esfera de competências em matéria de investigação de acidentes com aeronaves civis.

pathological examinations to be carried out on victims as provided for in articles 11 no. 2 d), e) and 12 no. 1 of Regulation (EU) no. 996/2010.

Following the willingness shown by the PGR, a joint process was initiated to identify initiatives for the optimization of technical collaboration between the two entities, with the aim of guaranteeing and safeguarding their respective sphere of competence in regard to the investigation of civil aircraft accidents.

4.2. Recomendações de segurança || Safety recommendations

Após uma análise criteriosa de todos os dados e factos do evento, assim como das ações de segurança entretanto tomadas pelas partes, a autoridade de investigação de segurança determinou como útil e necessária a emissão das seguintes recomendações de segurança com o objetivo de mitigar os aspetos de segurança identificados no processo de investigação:

Para cumprir com as 16000 lb de massa máxima à decolagem e, em simultâneo, a política de combustível do operador, o valor máximo de carga a transportar no *hopper* varia significativamente ao longo da missão.

Com um valor de carga máxima de 500 USG no início da missão até aos 730 USG correspondente a um valor de combustível mínimo a bordo, o piloto tem de planear todas as cargas seguindo a tabela de carregamento.

O método de carregamento manual eleito pelo operador e seguido pelos pilotos, depende de um sistema de aferição impreciso com limitações de visualização e, não menos importante, requerendo aos pilotos um acréscimo de carga de trabalho numa técnica de estimativa não coerente com os requisitos de massa e balanceamento previstos pelo fabricante.

As técnicas de pilotagem da aeronave requerem uma atenção ao meio envolvente, sendo essencial que o piloto mantenha o foco no voo a todo o momento, olhando para fora sem preocupações referentes ao carregamento de água com as evidentes limitações de aferição pela

After a thorough analysis of all event data and facts, as well as of the safety action meanwhile taken by the involved parties, the safety investigation authority determined that the following safety recommendations would be deemed useful and necessary in order to mitigate the safety aspects identified during the investigation:

§

To comply with the 16,000 lb maximum take-off mass and, at the same time, the operator's fuel policy, the maximum load value to be carried on the hopper varies significantly throughout the mission.

With a maximum load value of 500 USG at the beginning of the mission up to 730 USG corresponding to the minimum fuel value on board, the pilot must plan all scoops following the loading table.

The manual scooping method chosen by the operator and followed by the pilots, relies on an imprecise gauging system with visualization limitations and, not least, requiring the pilots to increase their workload using an estimation technique that is not coherent with the mass and balance requirements foreseen by the manufacturer.

Aircraft piloting techniques require attention to the surrounding environment, making it essential that the pilot maintains the focus on the flight at all times, looking outside without worrying about water scooping with the obvious limitations of determining the load due to the water movement

movimentação da carga e de impossibilidade de visualização entre os 580 e os 700 USG.

A precisão necessária para os cálculos de massa e centragem da aeronave não é compatível com o método de aferição de carga pela janela do *hopper*, onde a menor divisão da escala é de 30 USG (correspondentes a cerca de 140 kg) e a atitude da aeronave faz variar a indicação de forma muito significativa.

Atendendo a estas limitações, recomenda-se ao operador:

and the impossibility of visualise between 580 and 700 USG.

The required accuracy for the aircraft mass and balance calculations is not compatible with the method of evaluating the load through the hopper window, where the smallest division of the scale is 30 USG (corresponding to approximately 140 kg) and the aircraft attitude changes the indication very significantly.

Considering these limitations, it is recommended to the operator:

À Agro-Montiar Lda.:

Recomendação de Segurança PT.SIA 2023/03

Recomenda-se que o operador reveja a sua política de carregamento de água em operação anfíbia (*scooping*), adotando os procedimentos aplicáveis de operação do sistema em modo automático, após conversão das aeronaves com novo sistema de aferição mais fiável (Trotter Controls) e seguindo a análise de risco operacional requerida pela introdução de um novo procedimento operacional.

To Agro-Montiar Lda.:

Safety Recommendation PT.SIA 2023/03

It is recommended that the operator review its water loading policy in amphibious operation (*scooping*), adopting the applicable procedures for operating the system in automatic mode, after retrofitting the fleet with the new reliable measurement system (Trotter Controls) and following the operational risk assessment required for the introduction of a new operational procedure.

O desenho e propósito primeiro de um sistema de gestão de segurança operacional é identificar e mitigar riscos operacionais, implementando medidas devidamente avaliadas e padronizadas para eliminar ou reduzir o risco.

Este processo passa necessariamente por uma formalização metódica desde a identificação inicial até à reavaliação dos riscos após tomada de ação.

Qualquer que seja a técnica e método de catalogação dos riscos e probabilidade de ocorrência utilizados, é essencial que as falhas identificadas sejam listadas e divulgadas, incluindo os riscos aparentemente sem mitigação possível numa operação tão complexa como o combate aéreo aos incêndios.

The primary purpose when designing and establishing a safety management system is to identify and mitigate operational risks, implementing duly evaluated and standardized measures to eliminate or reduce those risks.

This process necessarily goes through a methodical formalization from the initial identification to the reassessment of the risks after acting over the identified gaps.

Whatever technique and method used for listing the risks and probability of occurrence, it is essential that the identified gaps are listed and disclosed, including those risks apparently without possible mitigation in an operation as complex as aerial firefighting.

O sistema de gestão de segurança deve prever e mitigar os riscos associados à operação dos equipamentos a bordo com os vários modos de operação, como são exemplo o sistema de *scooping* ou de largada de água nos seus modos manual e automático.

The safety management system must foresee and mitigate the risks associated with the on-board equipment operation including the possible operating modes, such as the water scooping or the release systems in its manual and automatic modes.

Atendendo à ausência de tais aspetos na matriz de operação, recomenda-se ao operador:

Given the absence of such aspects in the operator risk matrix, it is recommended that the operator:

À Agro-Montiar Lda.:

To Agro-Montiar Lda.:

Recomendação de Segurança PT.SIA 2023/04

Safety Recommendation PT.SIA 2023/04

Recomenda-se ao operador que detalhe na sua matriz de avaliação e mitigação de risco presente no MSGO Cap.6.7.4, os aspetos relevantes da operação de combate aos incêndios, nomeadamente, mas não limitado ao uso dos sistemas embarcados e seu modo de operação.

It is recommended that the operator detail in its risk assessment and mitigation matrix present in MSGO Chapter 6.7.4, the relevant aspects of the firefighting operation, namely, but not limited to the use of on-board systems and their modes of operation.

O desenvolvimento tecnológico na adoção de equipamentos embarcados tem permitido a recolha de dados essenciais para um controlo eficiente da operação e, não menos importante, na análise de desvios, permitindo ações em tempo útil de medidas para evitar a ocorrência de eventos de segurança.

Technological development by implementing on-board equipment has allowed essential data collection for efficient operation control and, not least, in the deviations or trend analysis, allowing timely actions and measures to prevent safety occurrences.

Contratualmente estabelecido desde 2020, embora numa fase de implementação embrionária, os dispositivos a bordo das aeronaves de combate aos incêndios são usados, quando ativados, com objetivos de controlo contratual sem que os operadores tirem partido de recolha de dados essenciais para ações sobre desvios numa operação de alto risco.

Contractually established since 2020, although in an early implementation phase, the on-board devices in firefighting aircraft are used, when active, for contractual control purposes without operators taking advantage of essential data collection possibilities for mitigating actions on identified deviations in a high-risk operation.

Os dados de voo são um elemento essencial para a investigação de ocorrências e consequente melhoria das condições de segurança operacional, racional que por definição interessa e envolve todas as entidades desde os fabricantes, reguladores, contratantes, operadores e operacionais e, em última linha, as autoridades de investigação.

Flight data is an essential element for safety occurrences investigation and the consequent improvement of safety conditions, a rationale that, by definition, is of interest and involves all entities from manufacturers, regulators, contractors, operators and pilots and, ultimately, the investigation authorities.

Considerando a frequência de eventos neste tipo de operação, a melhoria da segurança de voo justifica que se tire o melhor partido possível desses equipamentos para prevenção.

Considering the frequency of events in this type of operation, the improvement of flight safety justifies taking the best possible advantage of this equipment for prevention.

À Força Aérea Portuguesa:**Recomendação de Segurança PT.SIA 2023/05**

Recomenda-se que a FAP reveja e altere os parâmetros de recolha dos dados do sistema de seguimento a bordo das aeronaves ao serviço do dispositivo nacional de combate aos incêndios, por forma a que fiquem disponíveis remotamente dados com uma taxa de amostragem superior.

To Portuguese Air Force:**Safety Recommendation PT.SIA 2023/05**

It is recommended that FAP review and change the on-board tracking system data gathering parameters on the aircraft serving the national fire-fighting system, in such a way that the remotely available data is recorded with a high sampling rate.

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.

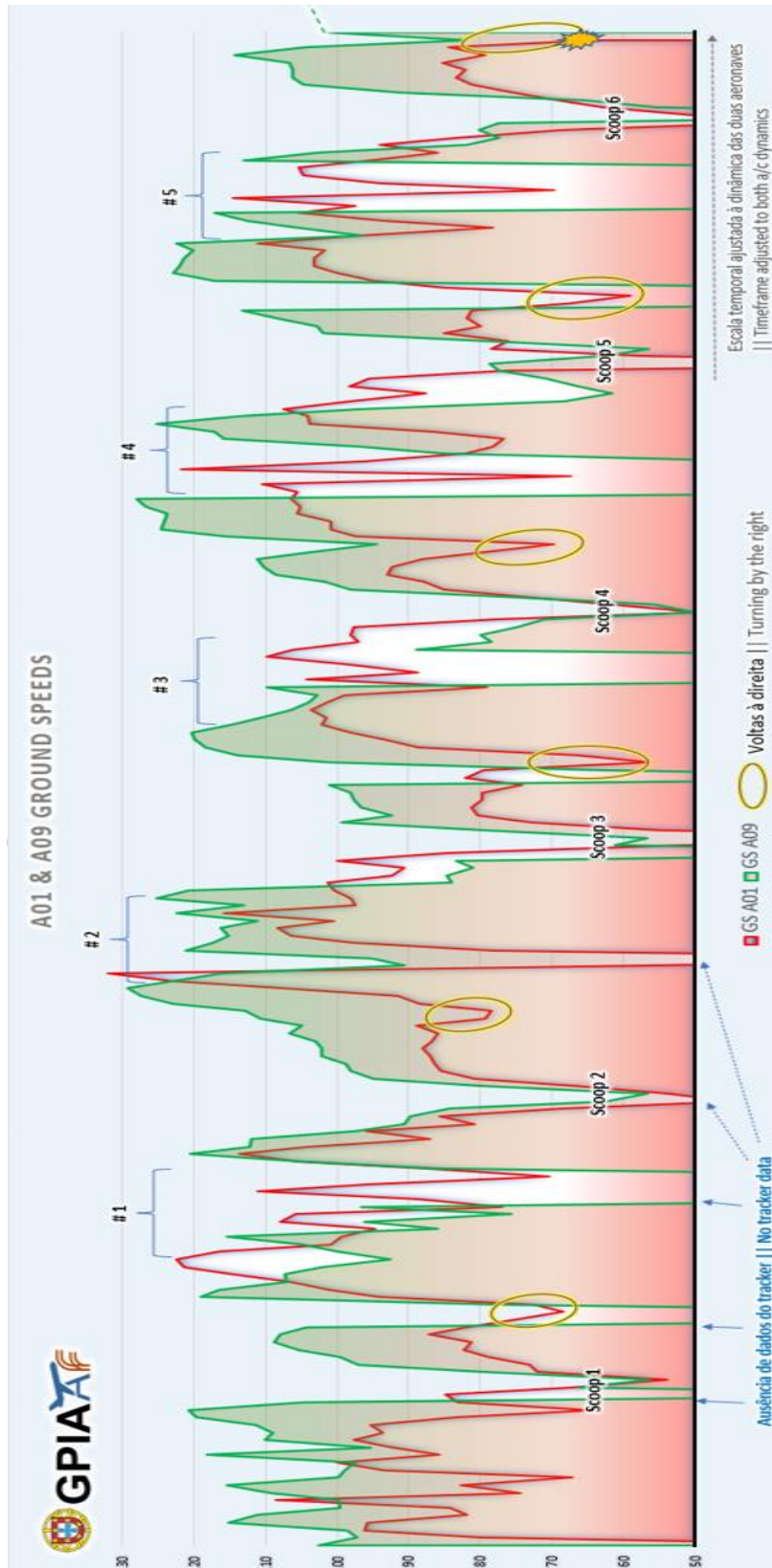
This final report was approved by the director of the Portuguese SIA, as per article 26, no. 3, of Decree-Law no. 318/99.

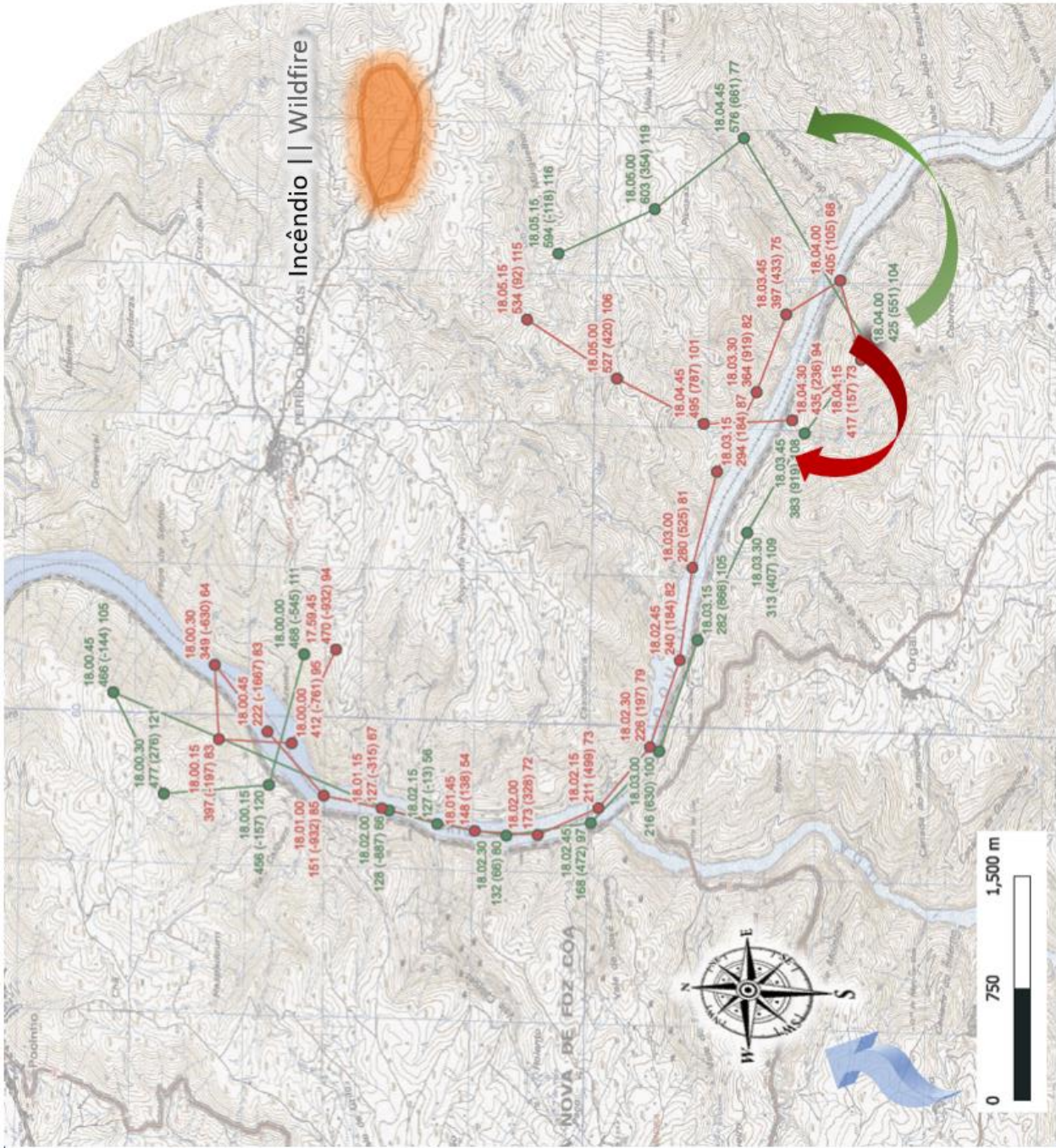
A equipa de investigação.

The investigation team.

5. APÊNDICES || APPENDIXES

5.1. Registo dos circuitos do A01 e A09 || A01 and A09 aircraft circuit logs





Primeiro circuito
|| First circuit

Legenda || Key to figure:

● A01 Tracker data

● A09 Tracker data

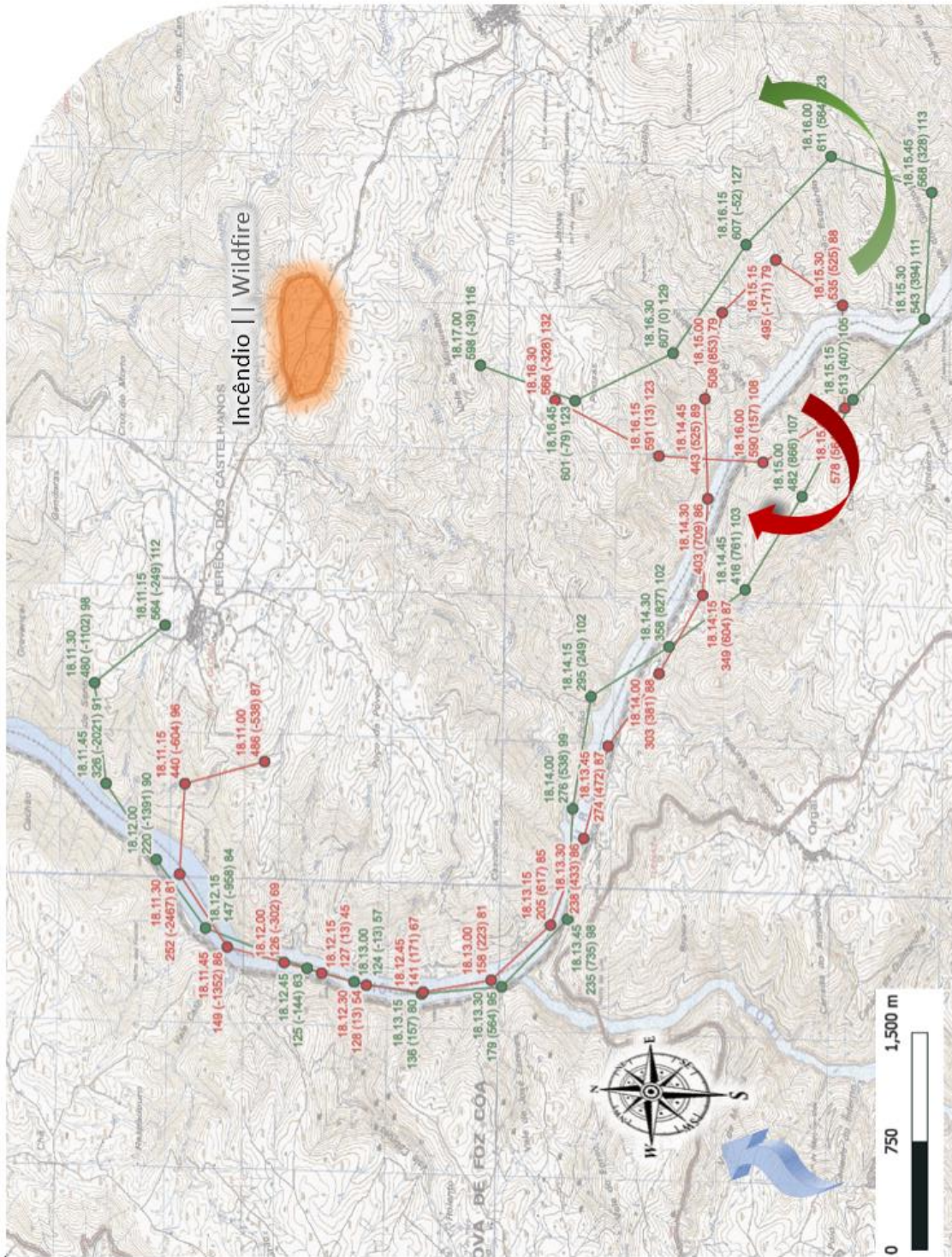
hh.mm.ss

Alt (ROC/D) Spd

Atl: AMSL [m]

ROC/D: climb/desc. rate [m/min]

Spd: Ground speed [knt]



Segundo circuito
|| Second circuit

Legenda || Key to figure:

● A01 Tracker data

● A09 Tracker data

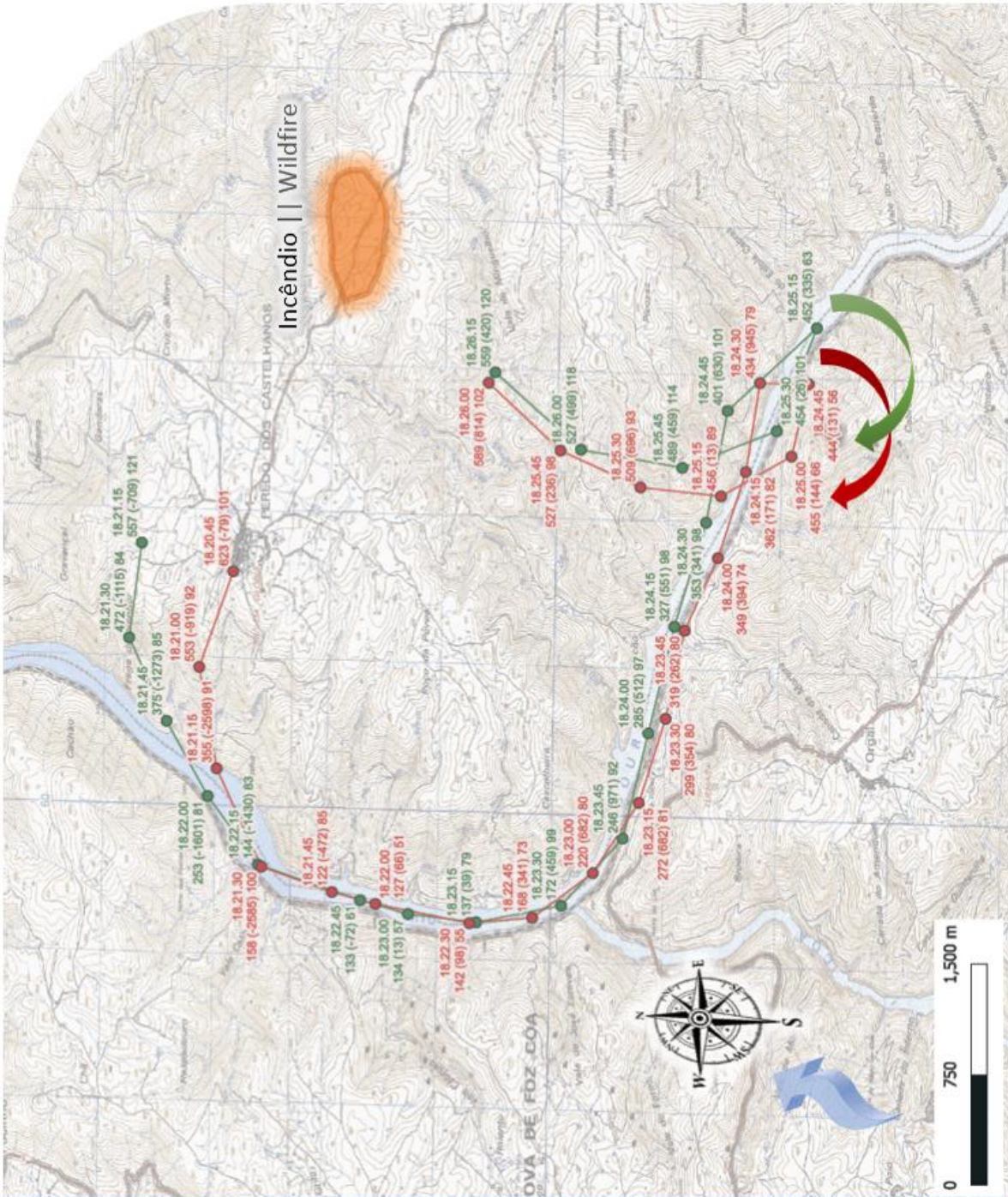
h.h.mm.ss

Alt (ROC/D) Spd

Ati: AMSL [m]

ROC/D: climb/desc. rate [m/min]

Spd: Ground speed [knt]



Terceiro circuito
|| Third circuit

Legenda || Key to figure:

- A01 Tracker data
- A09 Tracker data

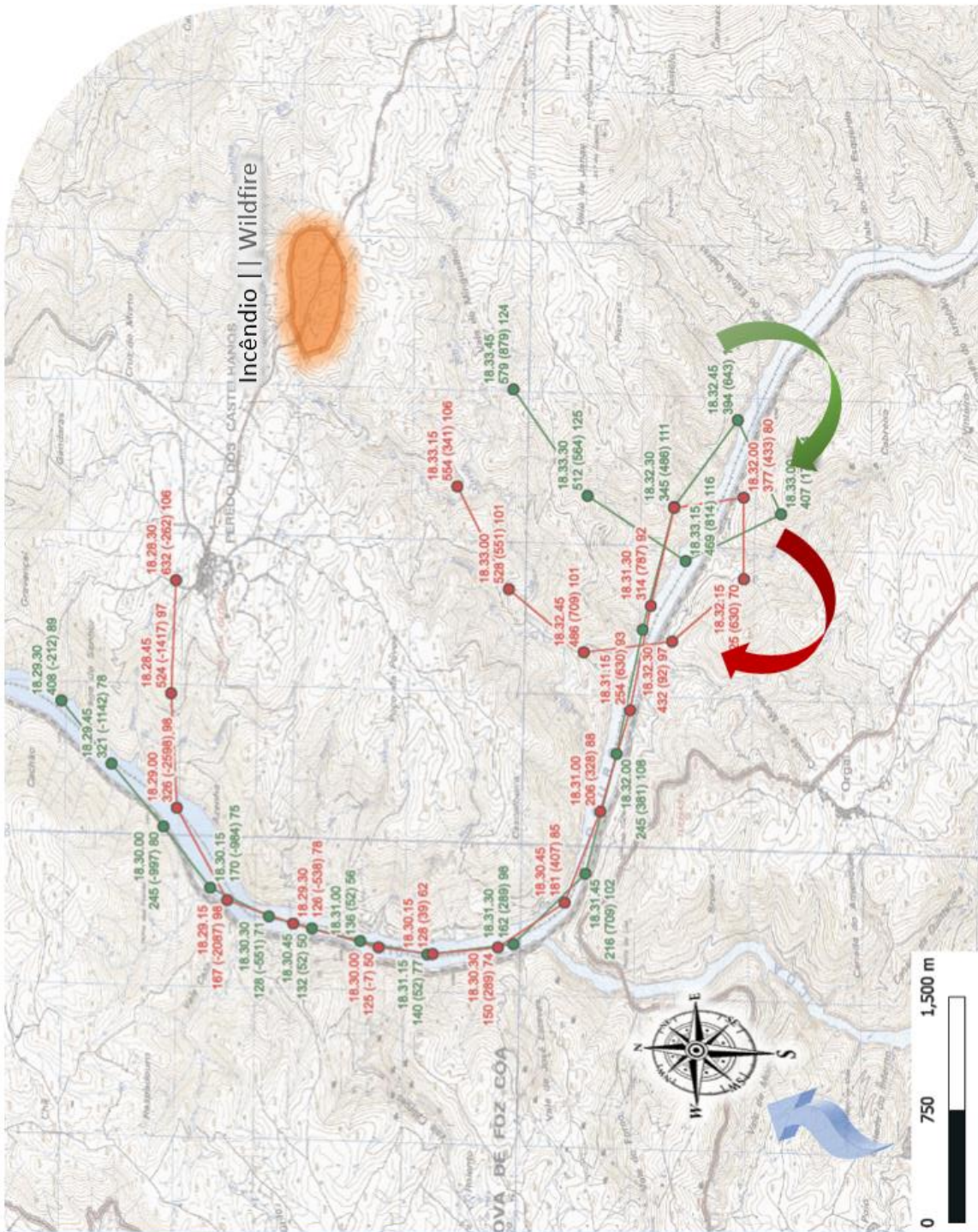
hh.mm.ss

Alt (ROC/D) Spd

Atl: AMSL [m]

ROC/D: climb/desc. rate [m/min]

Spd: Ground speed [knt]



Quarto circuito
|| Fourth circuit

Legenda || Key to figure:

● A01 Tracker data

● A09 Tracker data

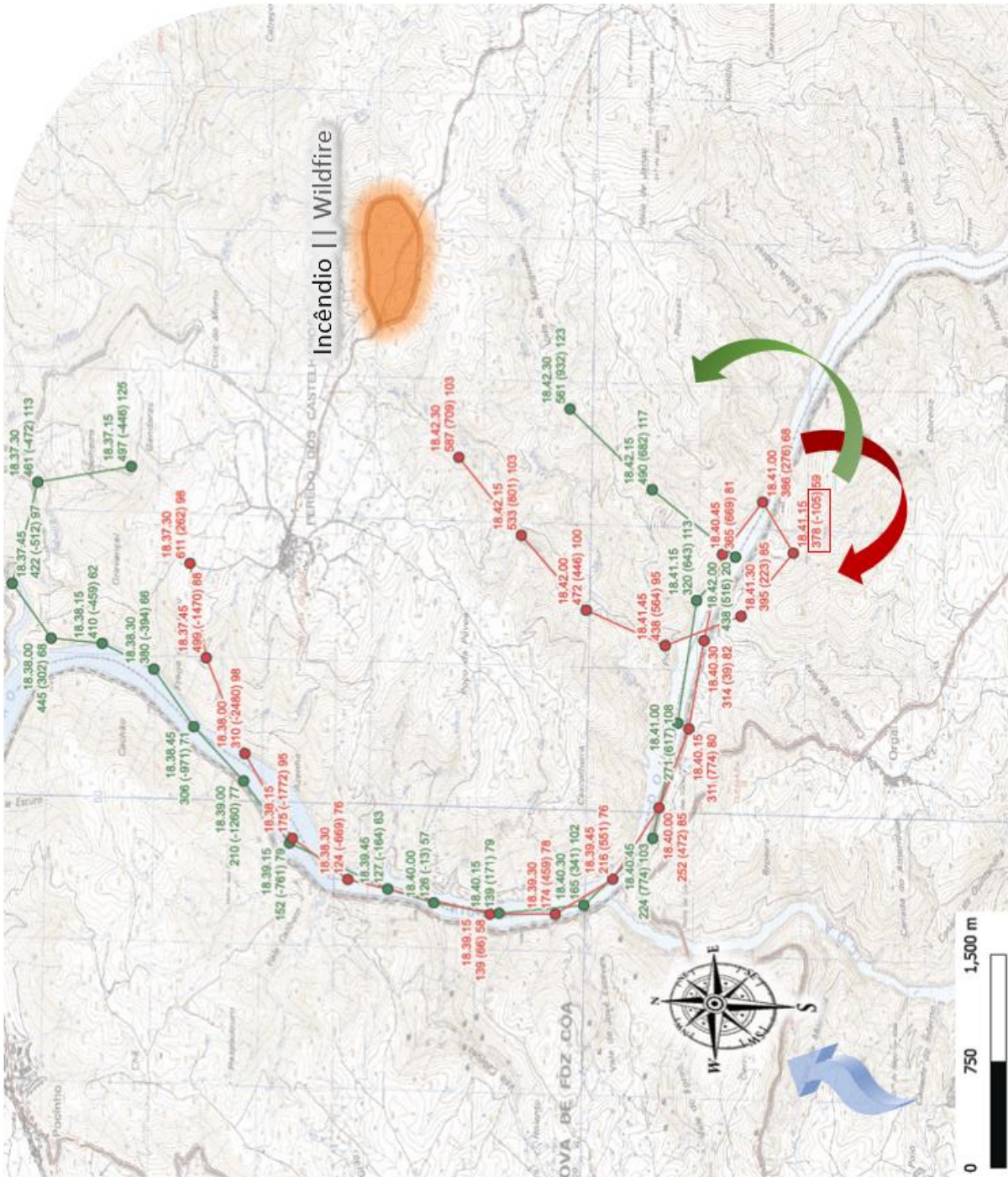
hh.mm.ss

Alt: (ROC/D) Spd

Atl: AMSL [m]

ROC/D: climb/desc. rate [m/min]

Spd: Ground speed [knt]



Quinto circuito
|| Fifth circuit

Legenda || Key to figure:

- A01 Tracker data
- A09 Tracker data

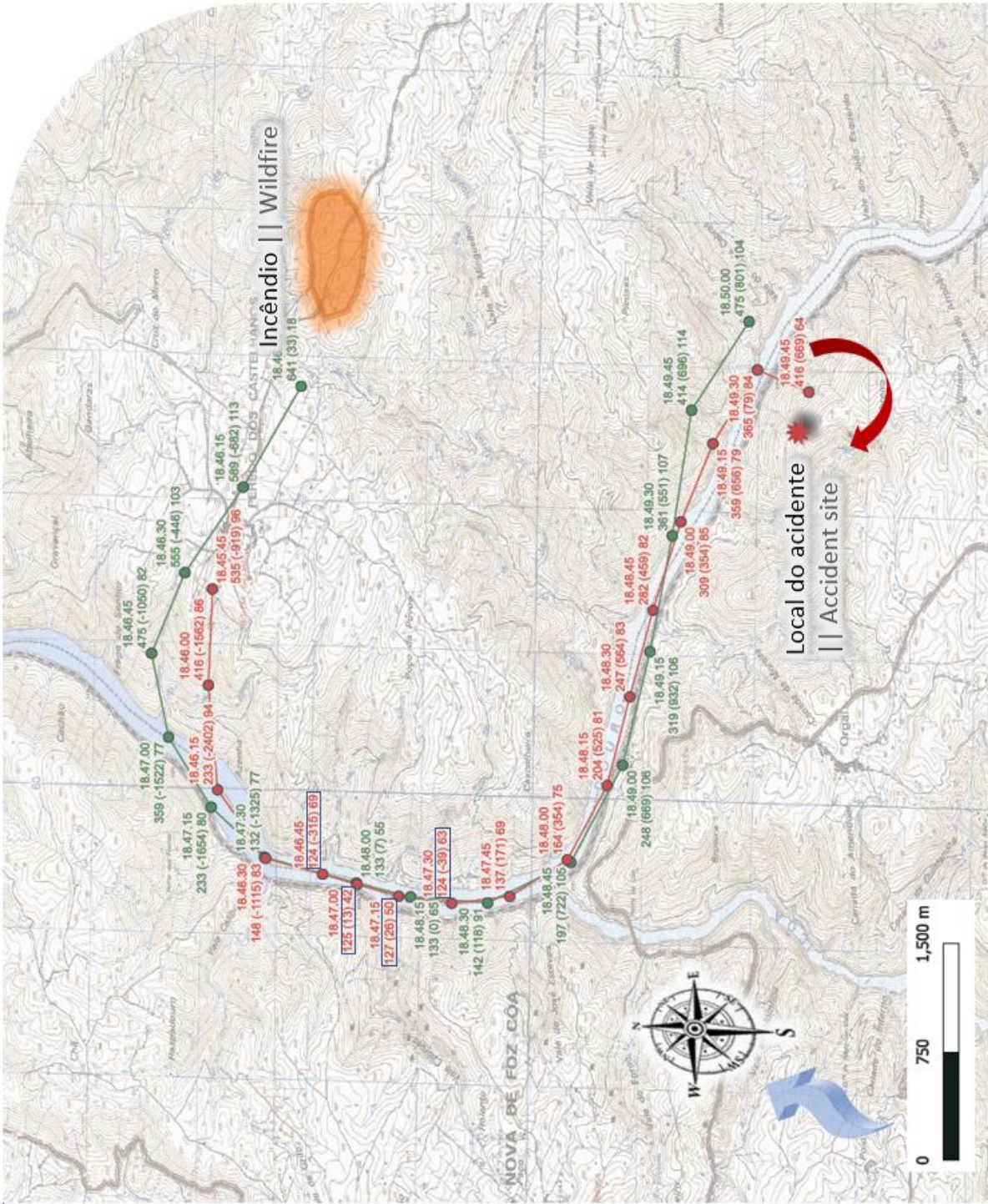
hh.mm.ss

Alt (ROC/D) Spd

Atl: AMSL [m]

ROC/D: climb/desc. rate [m/min]

Spd: Ground speed [knt]



Último circuito
|| Last circuit

Legenda || Key to figure:

- A01 Tracker data
- A09 Tracker data

hh.mm.ss

Alt (ROC/D) Spd

Atl: AMSL [m]

ROC/D: climb/desc. rate [m/min]

Spd: Ground speed [knt]

<p style="text-align: center;">Air Tractor, Inc. Olney, Texas</p>	ENGINEERING		NUMBER	REVISION
	REPORT ORDER		#398	
<p>TITLE</p> <p style="text-align: center;">SERVICE LETTER #398 Cockpit Door Latch Maintenance</p>	BY	CHK'D	MODEL	
	DDL	KS	All	
	DATE		SERIAL	
	3/16/2023		All	
			PAGE	OF
			2	2

If the door does open in flight, ensure that the procedures in the AFM are followed. Pilots should review these procedures before their next flight to ensure they are ready to act if the situation arises.

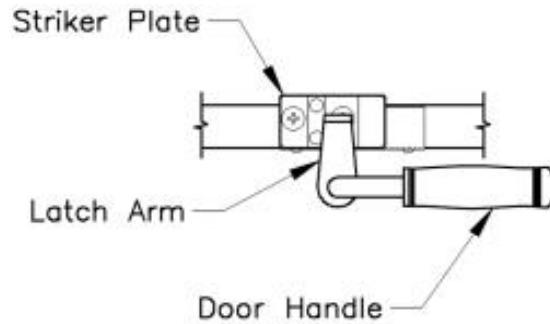


Figure 1 - Door Latch Components

5.3. Principais resultados do voo de ensaio || Main results from the test flights

Full power	TOW: 15544 lbs	Bank: ~55°
Flaps ~12°	CG: 26,22	Stall IAS: 75knot
Hopper: 450 lbs	Alt: 6250 ft	Alt loss: 300 ft



Full power	TOW: 15422 lbs	Bank: ~70°
Flaps ~12°	CG: 26,4	Stall IAS: 80 knot
Hopper: 460 lbs	Alt: 6500 ft	Alt loss: ~500 ft





Praça Duque de Saldanha, 31, 4.º - 1050-094 Lisboa
www.gpiaaf.gov.pt – geral@gpiaaf.gov.pt

2023