



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

Aeródromo de Bragança (LPBG) - PORTUGAL

16 de março de 2019, 17:52 UTC

Falha estrutural - SCF-NP

CIVIL AVIATION

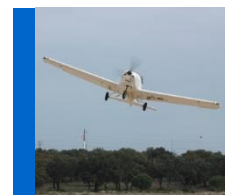
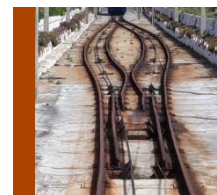
Aeródromo de Bragança (LPBG) - PORTUGAL

2019, March 16th, 17:52 UTC

Structural failure - SCF-NP

SPORTCRUISER UL

AERO CLUBE DE BRAGANÇA / CS-UPL



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

**ACCIDENT
SAFETY INVESTIGATION
FINAL REPORT**

[2019/ACCID/01]



**REPÚBLICA
PORTUGUESA**
INFRAESTRUTURAS
E HABITAÇÃO

Publicação || Published by:

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

Endereço || Postal Address:

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

Telefones || Telephones:

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

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

Fax: + 351 21 791 19 59

E-mail: geral@gpiaaf.gov.pt

Internet: www.gpiaaf.gov.pt

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

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

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

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

Nota: fotografia na capa por Rádio Briganti || **Note:** cover photo by Rádio Briganti.

Controlo documental || Document control

Informações sobre a publicação original Original publication details	
Título Title	Falha catastrófica estrutural da longarina da asa direita RH wing spar catastrophic structural failure
Tipo de Documento Document title	Relatório de investigação de segurança Safety Investigation Report
N.º do Documento Document ID	AC_2019/ACCID/01_RF
Data de publicação Publication date	2021-03-25

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.

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)
Operador – Aero Clube de Bragança
UZPLN (CZ)

Foram recebidos comentários do fabricante via UZPLN, EASA, operador e ANAC, os quais foram

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 accidents prevention and comprises the gathering and analysis of evidences, in order to determine the causes and, when appropriate, to issue safety recommendations.

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

According to section 16.4 of Regulation (EU) No. 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:

ANAC (Portugal)
ANEPC
EASA (EU)
Operator – Aero Clube de Bragança
UZPLN (CZ)

GPIAAF received comments from the manufacturer via UZPLN, EASA, operator and

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, prevalece o texto em Português.

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

ANAC, which were duly analysed and, if accepted, integrated into the text of this final report.

IMPORTANT NOTE:

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

Notes to the Reader:

In this report units and numbers are normally represented accordingly to the International System of Units (SI), to the criteria in the ISO/IEC 80000 series standards and to Portuguese norm NP 9:1960. 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	07
	Glossário Glossary	11
1.	INFORMAÇÃO FACTUAL FACTUAL INFORMATION.....	13
1.1.	História do voo History of the flight	13
1.2.	Lesões Injuries to persons	15
1.3.	Danos na aeronave Damage to aircraft.....	16
1.4.	Outros danos Other damage	16
1.5.	Pessoas envolvidas Personnel information	16
1.5.1.	Tripulação técnica de voo Flight crew	16
1.5.2.	Passageiros Passengers	18
1.6.	Informação sobre a aeronave Aircraft information	18
1.6.1.	Generalidades General	18
1.6.2.	Limitações do envelope de voo da aeronave Aircraft flight envelope limitations...	21
1.6.3.	Massa e centragem Weight and balance	23
1.7.	Informação meteorológica Meteorological information	23
1.8.	Ajudas à navegação Aids to navigation	24
1.9.	Comunicações Communications	24
1.10.	Informação do aeródromo Aerodrome information.....	24
1.11.	Gravadores de voo Flight recorders	25
1.12.	Destruços e informação sobre os impactos Wreckage and impact information	26
1.12.1.	Exame detalhado da longarina da asa direita Right main wing spar detailed examination	28
1.13.	Informação médica e patológica Medical and pathological information	30
1.14.	Fogo Fire	31
1.15.	Aspetos de sobrevivência Survival aspects	31
1.16.	Ensaios e Pesquisas Tests and Research.....	32
1.17.	Informação sobre organização e gestão Organizational and management information	35
1.18.	Informação adicional Additional information	36
1.18.1.	Características do GPS a bordo Onboard GPS features.....	36
1.18.2.	Testemunhos Witnesses.....	37
1.18.3.	Sistema de recuperação de paraquedas balístico (BPRS) Ballistic Parachute Recovery System (BPRS)	38

1.19.	Técnicas de investigação úteis ou eficazes Useful or effective investigation techniques.....	39
2.	ANÁLISE ANALYSIS.....	40
2.1.	Interpretação dos dados recolhidos do GPS a bordo Onboard GPS retrieved data interpretation.....	40
2.2.	O voo do acidente The accident flight.....	42
2.3.	Dinâmica de falha provável da longarina da asa direita Probable failure dynamics of the right wing spar	44
2.4.	Operação de aeronaves em regime de partilha Shared aircraft operation	46
2.5.	Riscos operacionais do sistema de recuperação por paraquedas balístico (BPRS) Ballistic parachute recovery system (BPRS) operational risks	48
3.	CONCLUSÕES CONCLUSIONS.....	51
3.1.	Constatações da investigação Investigation findings	51
3.2.	Causas/fatores contributivos Causes/contributing factors.....	52
3.2.1.	Causas mais prováveis Most probable causes.....	52
3.2.2.	Fatores contributivos Contributing factors	52
4.	Recomendações Recommendations	53
4.1.	Formação das equipas de primeira intervenção First responders training.....	53
4.2.	Observações adicionais Additional comments.....	54
4.2.1.	Enquadramento legal e regulamentar das aeronaves autorizadas a voar pela regulamentação nacional Light sport aviation national legal and regulatory framework.....	54
4.2.2.	Atitudes de invulnerabilidade Invulnerability attitudes.....	55
4.2.3.	Sistema de monitorização de dados de voo Flight data monitoring system.....	56
5.	APENDICES APPENDIXES.....	58
5.1.	Renúncia de responsabilidades Waiver of responsibility.....	58
5.2.	Cálculo de massa básica e centragem Basic weight and balance report	60
5.3.	Alerta de segurança sobre BRPS para as equipas de primeira intervenção envolvidas em acidentes com aeronaves Safety alert on BRPS for aircraft accident first responders	61
5.4.	Estudo das cargas estruturais na asa DCA DCA study of wing structural loads	63
5.5.	Comentários da ANAC ao projeto de relatório ANAC comments to draft report	66

SINOPSE || SYNOPSIS

PROCESSO GPIAAF GPIAAF PROCESS ID 2019/ACCID/01		Classificação Classification Acidente Accident	
		Tipo de evento Type of event SCF-NP - Falha de sistema ou componente System or component failure	
OCORRÊNCIA OCCURRENCE			
Data Date 16-03-2019	Hora Time 17:52 UTC	Local Location Bragança, Portugal	Coordenadas Coordinates 41°52'05.1"N 006°41'16.2"W
AERONAVE AIRCRAFT			
Aeronave Aircraft SportCruiser UL		N.º de série Serial Nr. 06SC041	Matrícula Registration CS-UPL
Categoria Category Ultraleve Ultralight		Operador Operator Aero Clube de Bragança	
VOO FLIGHT			
Origem Origin LPBG - Bragança		Destino Destination LPBG - Bragança	
Tipo de voo Type of flight Voo local de recreio Local recreational flight		Tripulação Crew 01	Passageiros Passengers 01
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	01	01	-
Graves Serious	-	-	-
Ligeiras Minor	-	-	N/A
Nenhuma None	-	-	N/A
Danos na aeronave Aircraft damage Destruída Destroyed		Outros danos Other damage Nenhuns None	

Uma aeronave ultraleve modelo SportCruiser UL com registo CS-UPL operado pelo Aero Clube de Bragança, descolou às 17:31 do dia 16 de março de 2019 do aeródromo municipal de Bragança (LPBG), com dois pilotos a bordo, para um voo local de recreio.

Após cerca de 20 minutos de voo, durante a execução de um conjunto de manobras, a aeronave sofreu uma falha estrutural catastrófica da longarina da asa direita. Em sequência, esta foi projetada contra a canóia, separando-se da aeronave.

Com a aeronave fora de controlo, e em rotação (rolamento) no sentido horário, provocada pela sustentação da semi-asa esquerda, a aeronave inicia uma trajetória em espiral descendente, imobilizando-se a 1,45 km a Este da soleira da pista 20 do aeródromo de Bragança.

An ultralight SportCruiser UL aircraft, registered CS-UPL, operated by Aero Clube de Bragança, took off at 17:31 on March 16th, 2019 from Bragança municipal aerodrome (LPBG), with two pilots on board, for a local recreational flight.

After about 20 minutes of flight, following a set of manoeuvres, the aircraft suffered a catastrophic structural failure on the right-wing spar. Consecutively, the right wing projected itself against the canopy and completely separated from the aircraft.

With the aircraft out of control, and with a high roll-rate clockwise, as a result of lift from the left-wing, the aircraft begins a descending spiral path, and crashed 1.45 km East runway 20 threshold from Bragança airfield.

O acidente provocou a morte de ambos os ocupantes e a destruição da aeronave.

The accident caused the death of both occupants and the complete destruction of the aircraft.

Tipo de ocorrência || Occurrence type

SCF-NP - Falha de sistema/componente não relacionado com o grupo motopropulsor, seguido de perda de controle em voo.

SCF-NP - System/component failure, non powerplant related, followed by loss of control inflight.

Principais conclusões da Investigação || Investigation main conclusions

A investigação determinou que a falha catastrófica da estrutura primária da semi-asa direita por falência dos elementos constituintes da longarina da asa terá sido desencadeada pela provável operação da aeronave fora do seu envelope de voo.

The investigation determined that the catastrophic failure of the primary structure of the right wing after a failure of the wing spar components was due to the probable operation of the aircraft outside its flight envelope limits.

Tendo em consideração o enquadramento e propósito do voo, não se pode excluir a possibilidade de ações de pilotagem direta com o processo de tomada de decisão centrado no ocupante sentado à esquerda, em algumas fases do voo.

Taking into account the flight purpose and boundaries, the possibility of direct piloting actions with the decision-making process focused on the left seated occupant during some phases of the flight cannot be excluded.

O evento revelou que as atitudes dos pilotos a operar aeronaves sem a devida preparação e conhecimento das mesmas e fora dos seus limites operacionais têm consequências trágicas.

The event revealed that pilots' attitudes when operating aircraft without proper preparation, knowledge and outside their operational limits, have tragic consequences.

Apesar da provável operação da aeronave para além dos seus limites teóricos de projeto, os estudos e ensaios realizados no decurso da investigação de segurança mostraram que os parâmetros de projeto e construção da aeronave no que respeita aos componentes ensaiados não cumpriam com os padrões e normas internacionais de referência na indústria.

Despite the probable operation of the aircraft beyond its theoretical design limits, the tests and studies performed during the safety investigation, demonstrated that the aircraft design and construction parameters, with respect to the tested components, did not comply with the international standards and industry reference norms.

Em 2012 o fabricante emitiu um alerta sobre o risco de operação de diversas aeronaves, entre as quais aquela que viria a sofrer o acidente, por não ser possível demonstrar que estas cumpriam com o normativo de fabrico aplicável. O operador desconhecia tal informação e a Autoridade Portuguesa com atribuição de supervisão considerou não haver motivo para intervenção no âmbito das suas competências.

In 2012 the manufacturer has issued a safety alert about the risk of operating several aircraft SNs, including the accidented, as it was not possible to demonstrate that they complied with the applicable manufacturing regulations. The operator was not aware of such information and the Portuguese oversight Authority considered that there was no reason under its competences to take any action on the information.

Por fim, não sendo um fator diretamente envolvido no acidente, a investigação abordou a necessidade de alertar a comunidade aeronáutica para a monitorização da condição das aeronaves operadas sob o princípio de partilha, seja em coletividades em regime de quotas ou aluguer, em âmbito particular ou até comercial através da venda de horas de voo a pilotos (*hour building*).

Finally, although not being a factor directly involved in the accident, the investigation considered relevant the need to alert the aeronautical community to the aircraft monitoring condition operated under the sharing principle, either in quota or rental rules, as non-commercial or commercial through the sale of flight hours to pilots (*hour building*).

Comentários da investigação || Investigation comments

Atendendo ao presente quadro legal e regulamentar que enquadra a atividade, ao tipo de operação e sobretudo às recomendações neste domínio já feitas no passado, ainda em aberto, não se mostra eficaz ou necessária a emissão de novas recomendações sobre o referido quadro legal e regulamentar.

Considering the present regulatory framework for the activity, the type of operation and mainly to the recommendations made in the past, still in open status, it is considered not to be effective nor necessary to issue new safety recommendations regarding regulatory aspects.

Foi emitida uma recomendação de segurança no sentido de mitigar fragilidades identificadas no manuseamento de dispositivos pirotécnicos pelas equipas de primeira intervenção.

A safety recommendation was issued in order to mitigate identified weaknesses in the handling of pyrotechnic devices by the first responders.

O evento revelou ainda importantes lições a serem retiradas, proporcionando oportunidades de melhoria aos fabricantes, autoridades de certificação e, não menos importante, à comunidade de pilotos para adotarem uma postura responsável na operação das suas aeronaves.

The event also revealed important lessons to be learned, providing improvement opportunities to manufacturers, certification authorities and, no less important, to the pilot community to adopt a responsible behaviour when operating their aircraft.

Os fabricantes são encorajados a estudar em detalhe as características dos seus produtos e a divulgar de forma clara e ativa pelos operadores e proprietários as limitações operacionais determinadas nas fases de ensaio, teste e operação.

Manufacturers are encouraged to study in detail the characteristics of their products and to clearly disclose to operators and owners the operational limitations determined in the design, testing and operation phases.

Os objetivos de abrangência e penetração dos mercados pelos fabricantes, não se devem sobrepor aos requisitos e especificações técnicas que garantem uma operação segura das aeronaves.

The manufacturers market scope and penetration goals must not prevail over the aircraft technical specifications and requirements, that in the end ensures a safe operation.

Não é aceitável a divulgação de um mesmo modelo de aeronave em diferentes mercados com especificações de MTOM díspares, conformando-se com os requisitos desses países. É essencial um inflexível rigor na adaptação das especificações técnicas por forma

It is not acceptable to disclose the same aircraft model in different markets with different MTOM specifications, to conform with the requirements of those countries. An inflexible accuracy in the adaptation of technical specifications is essential in order to

a garantir uma operação segura das aeronaves, especialmente numa atividade não regulada.

Às autoridades que emitem autorizações e/ou certificados de voo de aeronaves sem certificado de tipo é requerido que, para além de trabalharem em conjunto no sentido de uniformizar critérios, atentem e validem as declarações de conformidade dos fabricantes e dos proprietários no sentido de garantir que o equipamento está conforme e a operação é realizada debaixo dos pressupostos regulamentares. Uma atitude de cooperação e um papel formativo para com os proprietários e operadores de aeronaves em modelo auto-declarativo é, portanto, essencial não só à construção de uma confiança mútua, mas sobretudo no apoio técnico aos proprietários, por vezes, não totalmente conhecedores das aeronaves que pretendem operar.

Aos operadores, proprietários e comunidade de pilotos é sugerido:

- um trabalho de desenvolvimento e atualização permanente do conhecimento técnico das aeronaves que operam, cada vez mais complexas e com performances não permeáveis a desvios ou a possíveis atitudes de pilotagem não adequadas,
- uma postura de transparência e de parceria com as autoridades no processo de aprovação dos modelos das aeronaves, e
- um respeito absoluto na operação das aeronaves, cumprindo com as limitações operacionais dos modelos específicos (aeronaves como um todo e seus equipamentos constituintes).

As coletividades que operam aeronaves em regime partilhado são também incentivadas a avaliar a introdução de sistemas de monitorização de dados de voo, como base para uma análise cuidada da gestão do risco da operação das suas aeronaves.

ensure the aircraft safe operation, especially in deregulated activities.

The authorities that issue permit to flight and/or flight certificates for non-type certified aircraft, in addition to working together to standardize approval criteria, they need to pay attention and validate the manufacturers and owners declarations of conformity, in order to ensure that the equipment is compliant and the operation is carried out under the regulatory assumptions. An attitude of cooperation and a coaching role towards aircraft owners and operators in a self-declarative activity is, therefore, essential not only to build mutual trust, but specially in the technical support to owners that, sometimes, are not fully aware of the aircraft details they intend to operate.

It is suggested to **operators, owners and the pilot community**:

- work to develop and maintain an updated technical knowledge of the aircraft they operate, which are increasingly complex and with performances that do not allow deviations or possible not adequate piloting attitudes,
- a transparency and partnership behaviour with the authorities in the aircraft model approval process, and
- an absolute respect in the aircraft operation, complying with the operational limitations of the specific models (aircraft as a whole and their equipment).

The organizations that operate aircraft on a shared basis are encouraged to carry out an assessment for the introduction of flight data monitoring systems, as a basis for a careful risk management analysis on their aircraft operation.

GLOSSÁRIO || GLOSSARY

AAIB	Air Accidents Investigation Branch (UK)
AGL	Acima do solo Above ground level
AMSL	Acima do nível médio das águas do mar Above mean sea level
ANAC	Autoridade Nacional da Aviação Civil National Civil Aviation Authority
ANEPC	Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil
ATPL	Licença de Piloto de Transporte de Linha Aérea Airline Transport Pilot License
ASTM	American Society for Testing and Materials
BPRS	Sistema de recuperação de paraquedas balístico Ballistic Parachute Recovery System
EASA	Agência da União Europeia para a Segurança da Aviação European Union Aviation Safety Agency
FDM/A	Monitorização/Análise de dados de voo Flight data monitoring/analysis
FH	Horas de voo Flight hours
ft	Pé ou Pés (unidade de medida) Feet (dimensional unit)
g	Aceleração da Gravidade (9,81 m/s ²) Acceleration due to Earth's gravity
GPIAAF	Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves e de Acidentes Ferroviários
hPa	Hectopascal
ICAO	International Civil Aviation Organization
Kg	Quilograma (unidade de medida base SI) Kilogram (SI base unit of measure)
km	Quilómetro (unidade de medida) Kilometre (unit of measure) [1km=1000m]
kt	Nó (1 milha náutica/hora = 1,852 km/h) Knot (1 NM/hour = 1,852 km/h)
lb	Libra (unidade de medida) Pound (unit of measure) [1lb=0,454kg]
LH	Lado esquerdo Left hand
m	Metro (unidade de medida base SI) Metre (SI base unit of measure)
METAR	Comunicado Meteorológico de Rotina Meteorological Aerodrome Report
NM	Milha Náutica (unidade de medida) Nautical Mile (unit of measure) [1NM=1,852m]
MTOM	Massa máximo de decolagem Maximum takeoff mass
RH	Lado direito Right hand
RPM	Rotações por minuto (unidade de medida) Revolutions per minute (unit of measure) [1RPM = 0,104719755120rad/s]
SIA	Autoridade de Investigação de Segurança Safety Investigation Authority

UBI	Universidade da Beira Interior University of Beira Interior
ULM	Aeronave ultraleve motorizada Ultralight motorized Aircraft
UTC	Tempo Universal Coordenado Universal Time Coordinated
V _{NE}	Velocidade nunca exceder Never-exceed speed
°C	Grau Celsius (unidade de medida temperatura) Degree Celsius (Unit of measure) [1°C=273,15K]
° , ' , ''	Coordenadas geográficas (graus; minutos; segundos) Geographic coordinate system (degrees; minutes; seconds)
N / S / E / W	Pontos cardeais (Norte / Sul / Este / Oeste) Cardinal points (North / South / East / West)

1. INFORMAÇÃO FACTUAL || FACTUAL INFORMATION

1.1. História do voo || History of the flight

Uma aeronave ultraleve de modelo SportCruiser UL e com registo CS-UPL, propriedade do Aero Clube de Bragança, descolou às 17:31 do dia 16 de março de 2019 do aeródromo municipal de Bragança (LPBG) para um voo local de recreio.

A bordo, seguiam dois ocupantes e sócios do Aero Clube de Bragança, o piloto sentado à direita com licença de voo válida na categoria da aeronave acidentada (ULM) e um passageiro, também piloto, com licença de piloto comercial e teoria de linha aérea (ATPL), sentado à esquerda.

O voo tinha como objetivo a apresentação da aeronave recentemente adquirida pelo Aero Clube ao sócio sentado à esquerda, conforme prática em vigor na coletividade. O voo do acidente foi realizado após um outro voo a bordo de uma aeronave Cessna 172, pertença da mesma coletividade e com os mesmos tripulantes.

Após a descolagem da pista 20, a aeronave voou para Sudoeste, integrando de seguida um circuito esquerdo alongado para a pista 20. Às 17:33, um dos ocupantes da aeronave reportou “às cegas” referindo que estava na final para a pista 20, sem no entanto, declarar intenções.

Realizados mais dois circuitos, um direito e um esquerdo, na terceira aproximação final à pista 20, e sem proceder à aterragem final, a aeronave descontinuou a aterragem, realizando uma volta pela esquerda com passagem baixa a sul do hangar do Aero Clube. O voo prossegue com a execução de uma volta de 360° em direção a Sul do campo com subida constante até cerca dos 4000ft MSL (2000 AGL).

Junto à localidade de Vale de Lamas são realizadas duas manobras no plano vertical onde a aeronave atinge velocidades elevadas (valor de referência com velocidade de terreno de 149 nós, valor registado pelo equipamento GPS a bordo da aeronave).

An ultralight SportCruiser UL model with CS-UPL registration, owned by Aero Clube de Bragança, took off at 17:31 on March 16th, 2019 from Bragança municipal aerodrome (LPBG) for a recreational flight.

On board, were two occupants and members of the Aero Clube de Bragança, the pilot seated on the right with a valid flight license in the crashed aircraft category (ULM) and a passenger, also a pilot, with a commercial pilot license and airline theory (ATPL), sitting on the left.

The flight intended to present the recently acquired aircraft by the Aero Clube to the passenger associate sitting on the left, as per current practice at the club. The accident flight was carried out following another flight on board a Cessna 172 aircraft, belonging to the same club and with the same crew.

The aircraft, after taking off from runway 20, started a prolonged left pattern circuit to the southeast for runway 20. At 5:33 pm, one of the aircraft's occupants performed a radio “blind transmission” referring being on the final for runway 20, without, however, stating their intentions.

Two more circuits were performed, one right and one left, on the third final approach to runway 20, and without proceeding to the final landing, the aircraft discontinued the landing, conducting a left turn with a low passage south of the hangar of the Aero Clube. The flight continues with the execution of a 360° turn towards the south of the field with a constant climb up to about 4000ft MSL (2000 AGL).

Two manoeuvres are carried out in the vertical plane near Vale de Lamas where the aircraft reaches high speeds (reference value with ground speed of 149kt, value recorded by the GPS equipment on board the aircraft).

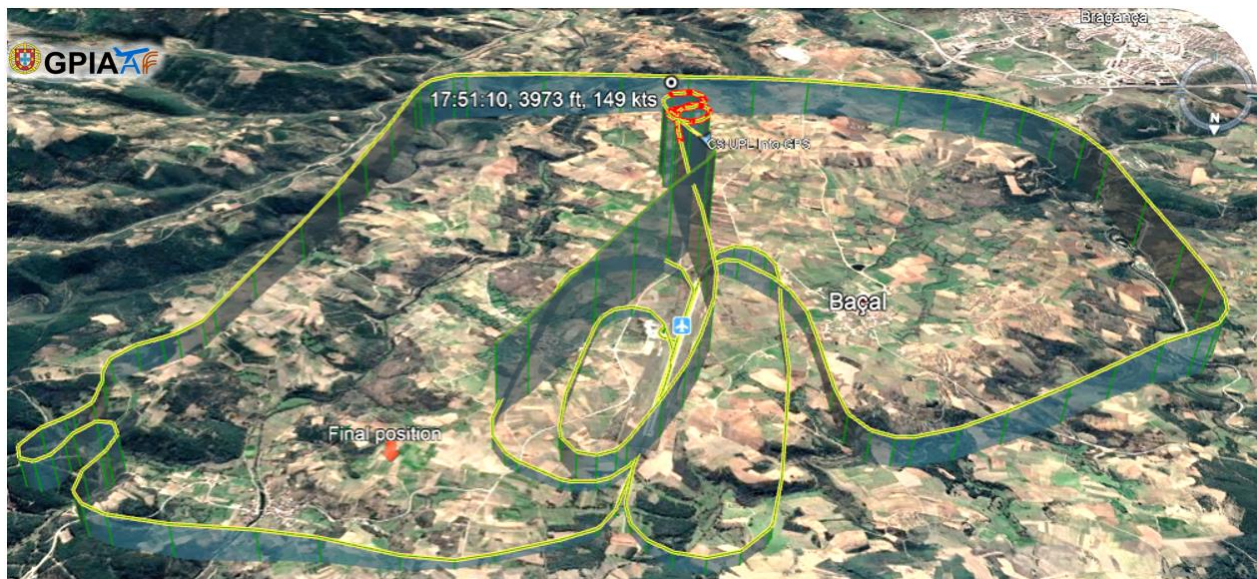


Figura 1 || Figure 1

Voo do acidente segundo dados do GPS a bordo || Accident flight as per onboard GPS data

Na sequência da execução das referidas manobras, a aeronave sofre uma falha estrutural da raiz da semi-asa direita.

Com a integridade da estrutura primária da asa comprometida por falência e deformação permanente da longarina principal, a aeronave voa para Norte em direção ao aeródromo em ligeira subida, atingindo os 4400 pés.

Inicia de seguida uma descida com aumento de velocidade motivando a cedência estrutural final com a consequente separação da semi-asa direita que, no movimento de elevação e rotação pelo ponto de fixação superior à fuselagem, se projetou contra a canópia, destruindo a sua estrutura.

Com a aeronave fora de controlo, e em rotação (rolamento) pela direita provocada pela sustentação da semi-asa esquerda, a aeronave inicia uma trajetória em espiral descendente, imobilizando-se a 1,45 km da soleira da pista 20 do aeródromo de Bragança.

As condições atmosféricas locais eram caracterizadas por céu limpo, vento quadrante Sudeste (270°) com cerca de 17 nós e temperatura do ar de 19°C. A atmosfera foi reportada como estando instável com turbulência moderada.

Following the execution of the referred manoeuvres, the aircraft suffers a structural failure of the root of the right semi-wing.

With the primary wing structure integrity compromised by the main spar's permanent deformation and failure, the aircraft flies north towards the aerodrome in a slight climb, reaching 4400ft.

Then initiates a descent with increased speed causing the final failure and separation of the right semi-wing that, while rising and rotating by the fixation point above the fuselage, projected itself against the canopy, destroying its structure.

With the aircraft out of control and rolling to the right as a result of the lift from the left-wing, the aircraft begins a descending spiral path, and crashed 1.45 km from Bragança airfield runway 20 threshold.

The local atmospheric conditions were characterized by a clear sky, a southeast wind (270°) with about 17kt and an air temperature of 19°C. The atmosphere was reported to be unstable with moderate turbulence.



Figura 2 || Figure 2
 Sequência de falha da semi-asa direita da aeronave || Failure sequence of RH aircraft semi-wing

No impacto com o solo os dois ocupantes foram feridos fatalmente.

As equipas de socorro e autoridades foram prontamente alertadas por pessoal localizado junto ao aeródromo.

O GPIAAF foi informado do evento poucos minutos após a ocorrência, tendo deslocado uma equipa de investigação para o local, iniciando trabalhos de recolha de evidências na manhã seguinte.

On impact with the ground the two occupants were fatally injured.

Rescue teams and authorities were promptly alerted by personnel located next to the aerodrome.

GPIAAF was informed of the event a few minutes after the occurrence, having sent an investigation team to the site, starting evidence collection work on the next morning.

1.2. Lesões || Injuries to persons

Lesões Injuries	Tripulantes Crew	Passageiros Passengers	Outros Others
Mortais Fatal	01	01	-
Graves Serious	-	-	-
Ligeiras Minor	-	-	N/A
Nenhumas None	-	-	N/A
TOTAL	01	01	-

1.3. Danos na aeronave || Damage to aircraft

Devido à desaceleração brusca pelo impacto com o solo, a aeronave ficou totalmente destruída. No impacto ocorreu a separação das superfícies de controlo de voo como o *aileron* e *flap* esquerdos, estabilizador horizontal e leme de profundidade, tendo estes últimos ficado agrupados a cerca de 40 metros a montante dos destroços principais na direção do impacto. A asa esquerda permaneceu ligada à fuselagem.

Due to the sudden deceleration caused by ground impact, the aircraft was totally destroyed. On impact, the flight control surfaces were separated, such as the left aileron and flap, horizontal stabilizer and rudder, being found grouped about 40m upstream of the main wreckage in the direction of impact. The left wing remained attached to the fuselage.



Figura 3 || Figure 3

Ilustração da posição dos destroços || Position of the wreckage

1.4. Outros danos || Other damage

Contaminação ligeira do solo na zona de impacto com óleo e combustível.

Light ground contamination at the impact area with oil and fuel.

1.5. Pessoas envolvidas || Personnel information

1.5.1. Tripulação técnica de voo || Flight crew

O piloto, do sexo masculino, 60 anos de idade e nacionalidade portuguesa era titular de uma

The pilot, male, 60 years old with Portuguese nationality held an ultralight instructor license

licença de piloto de ultraleve (ULM) emitida pela autoridade portuguesa em 16 out 1998. Detinha a qualificação multieixos avançado grupo 3 (MEA-G3), sendo também instrutor na mesma categoria.

O piloto e instrutor de voo foi considerado pelos seus pares e responsáveis do Aero Clube como um instrutor experiente, zeloso pelas atitudes e comportamentos de segurança dos seus alunos e sócios, sem registo ou conhecimento de comportamentos de risco.

O piloto tinha acumulado nos últimos três meses cerca de 12 horas de voo na aeronave acidentada com 55 aterragens e era considerado pelos pares um piloto conhecedor da aeronave, seus comportamentos e limitações. Não são conhecidos antecedentes de realização de manobras acrobáticas na aeronave pelo piloto.

Foi submetido a exames médicos aeronáuticos a 12 maio 2018 para obtenção de um certificado classe 2, válido até 23 maio 2019.

Dos documentos fornecidos foi possível obter as seguintes referências:

(UL) issued by the Portuguese authority on Oct 16th 1998. He held an advanced multi axis group 3 qualification (MEA-G3), and was also a flight instructor in the same category.

The pilot and flight instructor was considered by his peers and members of the Aero Club as an experienced instructor, zealous for the attitudes and safety behaviours of his students and members, with no record or knowledge of risky behaviour.

The pilot had accumulated about 12 flight hours in the crashed aircraft with 55 landings in the last three months and was considered by the peers a pilot who knew the aircraft, its behaviours and limitations. There is no known history of acrobatic manoeuvres on the aircraft by the pilot.

He was submitted to an aeronautical medical exam on May 12nd 2018 to obtain a class 2 certificate, valid until May 23rd 2019.

From the supplied documents, it was possible to obtain the following information:

	PILOTO PILOT
DETALHES PESSOAIS PERSONAL DETAILS	
Nacionalidade Nationality:	Portuguesa Portuguese
Idade Age:	60
LICENÇA DE TRIPULANTE TÉCNICO FLIGHT CREW LICENCE	
Tipo Type:	PU
Habilitações Ratings:	MEA-G3
Validade Validity:	2021-09-30
Entidade Emissora Issuing Authority:	ANAC
Data do Último Exame Médico Last Medical Exam Date:	2018-05-12
Limitações Limitations:	Nil
EXPERIÊNCIA DE VOO FLIGHT EXPERIENCE	Total Total
Horas de voo totais Total flight hours:	359:10h
Últimos 90 dias Latest 90 days:	11:50h
Últimos 28 dias Latest 28 days:	05:25h
Últimos 7 dias Latest 7 days:	00:40h
Últimas 24 horas Latest 24 hours:	00:00h

1.5.2. Passageiros || Passengers

O passageiro do sexo masculino, 26 anos de idade e nacionalidade Portuguesa, voava sentado à esquerda, sendo detentor de uma licença de piloto comercial CPL(A) com teoria de linha aérea (ATPL) que o habilitava a iniciar uma carreira no transporte aéreo comercial de passageiros.

Durante a sua formação de piloto comercial voou e registou algumas horas em aeronave tipo C152 Aerobat, o modelo acrobático de formação e treino da Cessna, onde terá realizado algumas manobras acrobáticas.

The passenger male, 26 years old with Portuguese nationality, occupied the aircraft left seat, holding a commercial pilot licence CPL(A) with theoretical airline license (ATPL) that enabled him to start a career in commercial air transport.

During his training as a commercial pilot he flew and recorded a few hours in a C152 Aerobat, the Cessna acrobatic training model, where he performed some acrobatic manoeuvres.

1.6. Informação sobre a aeronave || Aircraft information

1.6.1. Generalidades || General

O SportCruiser é uma aeronave ultraleve de construção semi-monocoque em alumínio, monomotor de asa baixa, de trem triciclo fixo, com dois lugares dispostos lado a lado. Introduzida no mercado em 2006 pela Czech Aircraft Works (CZAW), tem atualmente o fabricante, Czech Sport Aircraft (CSA) como detentor dos direitos de exploração do modelo. O CS-UPL com data de fabrico de 2006 (S/N:06SC041), teve o seu primeiro certificado de voo emitido pelo INAC em 2007 com uma massa máxima à descolagem autorizada (MTOM) de 450 kg.

O reduzido número de aeronaves produzidas pelo fabricante até 2006, evidenciou técnicas de construção no 06SC041 com sinais de algum experimentalismo, em específico as técnicas de cravação; contudo, não foram encontrados defeitos de fabrico ou no material, nas zonas afetadas que levaram à separação da semi-asa direita em voo.

Os registos da aeronave mostram uma operação irregular com vários anos sem qualquer registo, tendo, contudo, realizado em janeiro de 2019 uma inspeção e trabalhos de manutenção antes de entrar ao serviço no Aero Clube de Bragança.

Entre outros trabalhos, foi substituído a hélice de passo variável por uma hélice de passo fixo,

The SportCruiser is a semi-monocoque all-aluminium construction, single-engine, low-wing, fixed tricycle landing gear, with two seats arranged side by side ultralight aircraft. Introduced in the market on 2006 by Czech Aircraft Works (CZAW), has nowadays Czech Sport Aircraft (CSA) as airworthiness and commercial rights company. CS-UPL was manufactured in 2006 (S/N:06SC041) had his first INAC certification on 2007 with a Maximum Take-Off Mass (MTOM) of 450 kg.

The small number of aircraft produced by the manufacturer until 2006, showed construction techniques on 06SC041 with signs of some experimentalism, in particular the riveting techniques; however, no manufacturing or material defects were found in the affected areas that led to the right-wing separation inflight.

The aircraft records show an irregular operation with several years without any flight entry, having, however, in January 2019, carried out an inspection and maintenance work before entering to service at the Aero Clube de Bragança.

Among other works, a variable pitch propeller was replaced by a fixed pitch propeller, a digital

instalado um altímetro digital, rádio, *transponder* e efetuada a pesagem e centragem da aeronave.

A informação disponível no cockpit provinha da instrumentação dos parâmetros de motor e combustível do lado direito da consola e do lado esquerdo estavam instalados os instrumentos de voo como o velocímetro, altímetro, variómetro e coordenador de volta. É interessante referir que, não sendo obrigatória a instalação de um horizonte artificial, no local normalmente destinado a este, estava instalado o indicador de RPMs do motor (item 2 da figura abaixo).

altimeter, radio, *transponder* was installed and the aircraft was weighed.

The information available in the cockpit was provided from the engine instrumentation and fuel parameters on the right side of the console and on the left side were installed flight instruments such as the airspeed indicator, altimeter, vertical speed indicator and turn coordinator. It is interesting to note that the space usually reserved for a non-mandatory artificial horizon, was occupied by an engine RPM indicator (item 2 in the figure below).



Figura 4 || Figure 4
 Vista do painel de instrumentos || Cockpit instrumentation view

A aeronave estava equipada com um sistema de paraquedas balístico de emergência, também este removido, inspecionado e reinstalado na intervenção de janeiro de 2019. Não foram encontrados registos da sua instalação inicial ou aprovação para alteração do MTOM da aeronave. Os dados da aeronave e características do modelo são as seguintes:

The aircraft was equipped with an emergency Ballistic Parachute System, also removed, inspected and reinstalled during the January 2019 maintenance activities. No records of initial aircraft installation or MTOM alteration approval were found. The aircraft data and general model characteristics are as follows:

Referência Reference	Aeronave Airframe	Motor Engine	Hélice Propeller
Fabricante Manufacture	CZAW - Czech Aircraft Works Spool s.r.o.	BRP- Rotax GmbH	E-PROPS
Tipo/Modelo Type/Model	SportCruiser UL	Rotax/912 ULS	Durandal 100-M 170
N.º de Série Serial Nr	06SC041	5647196	Hub 61304 (3 blade)
Ano de construção Year of construction	2007	2007	2018
Tempo desde Novo T S N	695:40	695:40	53:50
Tempo desde Revisão T S O	-	-	-
Data da última Inspeção Last Insp. Date	2018-12-27	2018-12-27	2018-12-27

Massa em vazio (declarada) Empty mass (declared)	282,9 kg (623,6 lb)
Massa em vazio (fabricante) Empty mass (manufacturer)	365 kg (805,4 lb)
MTOM (Massa máxima autorizada com BPRS) Max. mass (w/ BPRS)	450 kg (992 lb)
Velocidade de cruzeiro (75% de potência) Cruise speed (75% power)	93 kt
Velocidade de perda com <i>flaps</i> Stall speed with flaps	32 kt
Velocidade de perda sem <i>flaps</i> Stall speed without flaps	39 kt
Velocidade máxima de manobra Maximum manoeuvring speed	88 kt - Va ¹
Velocidade nunca exceder Never exceed speed	138 kt - Vne ²
Velocidade máxima operacional Maximum normal operating speed	108 kt - Vno ³
Capacidade de combustível total Total fuel capacity	114 litros (30 US gal)
Fatores de carga limite declarados Maximum limit load factors (declared)	+4/-2 g

¹ Va – Velocidade de manobra de uma aeronave é um valor de velocidade determinado na fase de projeto. A aeronave ao exceder a velocidade de manobra, ao defletir totalmente ou violentamente alguma das superfícies de comando, podem ocorrer danos na estrutura da aeronave. || The manoeuvring speed (Va) of an aircraft is an airspeed limitation determined by the aircraft designer. At speeds exceeding the manoeuvring speed, full deflection of any flight control surface can result in damage to the aircraft structure.

² Vne – Velocidade a não exceder pois poderá causar danos na estrutura da aeronave; é normalmente representada por um traço vermelho no indicador de velocidade do ar || Indicated air speed which, if exceeded may result in structural damage to the aircraft; normally represented by a red line on the airspeed indicator.

³ Vno – Velocidade máxima estrutural em voo cruzeiro que apenas deverá ser excedida em circunstâncias excepcionais e em ar calmo. Por definição, o voo à Vno pode ser perigoso no caso de turbulência || The normal maximum structural cruising speed which should only be exceeded in exceptional circumstances and in smooth air. By definition, flying at Vno can be hazardous if unexpected turbulence is encountered.



Figura 5 || Figure 5
Vistas da aeronave || Aircraft views

1.6.2. Limitações do envelope de voo da aeronave || Aircraft flight envelope limitations

Para além das limitações descritas no quadro acima, o fabricante define no manual de operação do piloto (POH) um conjunto de notas, advertências e proibições para a condução segura da aeronave.

In addition to the limitations described above, the manufacturer defines in the pilot's operation manual (POH) a set of notes, warnings and prohibitions for the safe operation of the aircraft.

Em específico, na secção 3 do POH estão descritas as limitações operacionais referindo que o SportCruiser está aprovado na categoria Normal (manobras não acrobáticas):

Specifically, the section 3 of POH lists the operational limitations stating that the SportCruiser is approved in the Normal category (non-acrobatic manoeuvres):

- Voltas apertadas não excedendo 60° de pranchamento,
 - Oito lento ou S horizontal,
 - *Chandelle*
 - Perda aerodinâmica (com queda abrupta do nariz)
 - Máximo fator de carga limite positivo: +4 g
 - Máximo fator de carga limite negativo: - 2 g
- Steep turns not exceeding 60° bank
 - Lazy eights
 - Chandelles
 - Stalls (except whip stalls)
 - Maximum positive limit load factor: +4 g
 - Maximum negative limit load factor: - 2 g

WARNING
AEROBATICS AND INTENTIONAL SPINS ARE PROHIBITED !

A norma ASTM ref. F2245 que define os requisitos de projeto e desempenho de uma

The ASTM standard specification for design and performance of a light sport Airplane, ref. F2245,

aeronave ultraleve, estabelece os requisitos de resistência específicos em termos de cargas limite (as cargas máximas esperadas em serviço) e cargas finais (cargas limite multiplicadas pelo fator de segurança prescrito).

A mesma norma padrão ASTM exige um fator de carga final de segurança de 1,5 que se traduz num fator final para a aeronave acidentada de +6g e -3g. Estes valores estabelecem, em teoria, os limites superiores do envelope de voo, velocidade vs carga (diagrama Vn).

Adicionalmente, a empresa Czech Sport Aircraft a.s. (CSA), que adquiriu ativos específicos da empresa Czech Aircraft Works spol. s r.o. (CZAW) em 2009, declarou a renúncia de qualquer responsabilidade pela aeronavegabilidade continuada da aeronave SportCruiser com os números de série especificados na notificação NOT-SC-004 e no Alerta de Segurança SA-SC-001 (Apêndice 5.1), datado de 30 de junho 2011, nos quais se inclui a aeronave acidentada.

A aeronave acidentada S/N 06SC041 foi considerada incompatível com os requisitos ASTM para os 600 kg da categoria de aeronaves Light Sport Aircraft (LSA), visto a CSA não possuir dados relevantes e comprovados da CZAW de que a aeronave cumpria com os referidos requisitos quando construída, ou seja, que foi autorizada a operar com MTOM de 600 kg, nomeadamente devido ao facto de:

- Não existem evidências que a aeronave tenha sido testada para um MTOM de 600 kg, ou mesmo se alguma análise de cargas tenha sido realizada,
- A CSA acredita que a aeronave acidentada não cumpria os requisitos da ASTM para um MTOM de 600 kg quando construído e comercializado pela CZAW,
- Pela informação e conhecimento da CSA, a longarina principal do modelo CH-601 XL e longarina central, ambas instaladas na aeronave acidentada, foram erradamente projetadas e autorizados apenas para um MTOM de 500 kg.

A CSA recomendou que as aeronaves listadas no Alerta de Segurança ficassem imediatamente sem voar até realizarem uma inspeção completa e detalhada.

establishes strength requirements specified in terms of limit loads (the maximum loads to be expected in service) and ultimate loads (limit loads multiplied by prescribed factors of safety).

The same ASTM standard mandates an ultimate load factor of safety of 1.5, leading the ultimate factor to be +6g and -3g for the accident aircraft model. These values establish, in theory, the upper limits of the flight envelope, speed vs load (Vn diagram).

Additionally, the company Czech Sport Aircraft a.s. (CSA), which purchased the selected assets from the company Czech Aircraft Works spol. s r.o. (CZAW) in 2009, declared not assuming any liability and/or responsibility for continued airworthiness of the specific SportCruiser aircraft serial numbers specified in the notification NOT-SC-004 and in Safety Alert SA-SC-001 (Appendix 5.1), dated 30 June 2011, where in contains the accident aircraft.

The accidented aircraft S/N 06SC041 was considered incompatible with 600 kg ASTM requirements for the Light Sport Aircraft (LSA) category of aircraft as CSA has no relevant and substantiation data from CZAW that those aircraft complied with ASTM regulation for the LSA category when built, i.e. that it was allowed to operate with the MTOM of 600 kg, namely due to the fact that:

- No evidence whether that aircraft was stress tested for MTOM 600 kg, whether any stress analyses were performed,
- CSA believes that the accidented aircraft did not comply with the ASTM requirements for MTOM 600 kg when built and sold by CZAW,
- According to CSA knowledge and information, the CH-601 XL main wing spar and the central spar fitted in the aircraft was under designed and they were allowed for a MTOM of 500 kg only.

CSA recommended immediate grounding of all listed aircraft on the Safety Alert and a thorough and complete inspection to be performed, before any further operation of those aircraft.

1.6.3. Massa e centragem || Weight and balance

Não foi feito qualquer cálculo e registo de massa e centragem antes do voo do acidente, nem tal é requisito pela legislação atual.

Quando confrontados os dados registados na última pesagem básica da aeronave em janeiro de 2019 (apêndice 5.2), onde consta o valor da massa básica da aeronave de 282,9 kg, com os dados do fabricante onde são assumidos 345 kg para aeronaves com o equipamento padrão semelhante ao da aeronave acidentada e adicionarmos 22 kg referente ao paraquedas balístico (BPRS), obtemos 367 kg para a massa básica.

Estima-se que a aeronave terá descolado com 80 litros de combustível, tendo voado cerca de 20 minutos e considerando um consumo médio de 18 litros por hora para o motor Rotax 912, estimam-se no momento do acidente cerca de 53 kg de combustível AVGAS a bordo.

Os ocupantes não transportavam bagagem pessoal, tendo a sua massa sido estimada em 82 e 72 kg para o piloto e passageiro respetivamente e 6 kg adicionais para os pertences pessoais e material solto na aeronave.

Assim, a massa da aeronave foi estimada nos 580 kg, estando, portanto, acima dos limites máximos autorizados pela regulamentação e registado no respetivo certificado de voo (450 kg). O certificado de voo não foi atualizado para os 472,5 kg pela instalação do paraquedas balístico.

No calculation and recording of mass and balance was done before the accident flight, nor is this required by current regulation.

When comparing the data recorded in the last basic weighing of the aircraft in January 2019 (appendix 5.2), which contains the value of the basic mass of the aircraft of 282.9 kg, with the manufacturer's data, where 345 kg are assumed for aircraft with the equipment similar pattern to the crashed aircraft and adding 22 kg for ballistic parachute (BPRS), we obtain 367 kg for basic mass.

It is estimated that the aircraft would have taken off with 80 litres of fuel, having flown about 20 minutes and considering an average consumption of 18 litres per hour for the Rotax 912 engine, an estimated 53 kg of AVGAS fuel at the time of the accident on board

The occupants did not carry personal luggage, their mass was estimated at 82 and 72 kg for the pilot and passenger respectively and 6 kg for personal belongings and aircraft loose material.

The aircraft mass was estimated at 580 kg, thus, being above the maximum authorized limits by regulations and recorded in the flight permit (450 kg). The flight permit was not updated for the 472,5 kg to include the BPRS installation.

1.7. Informação meteorológica || Meteorological information

As condições atmosféricas locais eram caracterizadas por céu limpo, vento do quadrante Sudeste (270°) com cerca de 17 nós de intensidade e temperatura do ar de 19° C. A atmosfera foi reportada como estando instável com turbulência moderada.

A informação dos METAR da estação de Bragança (LPBG), disponível no sítio FLYWEATHER.NET refere:

LPBG 161730Z AUTO 27014KT 19/07 Q1016
 LPBG 161735Z AUTO 27017KT 19/05 Q1016
 LPBG 161740Z AUTO 27017KT 19/04 Q1016
LPBG 161745Z AUTO 27016KT 19/04 Q1016
LPBG 161750Z AUTO 26012KT 18/05 Q1016

The local atmospheric conditions were characterized by a clear sky, a southeast wind (270°) with about 17 knots and an air temperature of 19° C. The atmosphere was reported to be unstable with moderate turbulence.

METAR station of Bragança (LPBG), taken from FLYWEATHER.NET refers:

1.8. Ajudas à navegação || Aids to navigation

Não aplicável à ocorrência.

Not applicable to the occurrence.

1.9. Comunicações || Communications

Todos as transmissões rádio efetuadas pelo tráfego em Bragança durante o voo do acidente foram realizados "às cegas" devido ao serviço de informação de tráfego do aeródromo não estar ativo.

All radio transmissions performed by the traffic in Bragança, during the accident flight, were performed as "blind transmission" due to the aerodrome air traffic information service being out of service.

Foram efetuadas gravações automáticas das transmissões rádio pelo serviço de informação de tráfego do aeródromo que permitiram confrontar as trajetórias e posições relativas da aeronave com outras fontes.

Automatic recordings of radio transmissions were made by the aerodrome traffic information service, which enabled the aircraft's relative trajectories and positions to be compared with other sources.

A emissão na fonia a partir da aeronave acidentada foi realizada pelo ocupante sentado à esquerda onde reportou a sua posição em alguns pontos dos diversos circuitos realizados, incluindo troca de mensagens com outra aeronave que se encontrava na frequência.

The emission on the communication support from the crashed aircraft was carried out by the occupant sitting on the left where he reported his position in some points of the various circuits carried out, including exchanging messages with another aircraft that was on the same frequency.

1.10. Informação do aeródromo || Aerodrome information

Localizado a cerca de 10 km a Nordeste da cidade de Bragança, o Aeródromo Municipal de Bragança com o código ICAO LPBG, é o principal aeródromo do Nordeste do país e sede do Aero Clube de Bragança.

Located about 10 km Northeast from Bragança city, Bragança Municipal Aerodrome, ICAO code LPBG, is the main Northeast aerodrome and Aero Clube de Bragança home.

A pista encontra-se a uma altitude de 694 m, com uma superfície em asfalto, com orientação 02/20 e com distâncias declaradas de 1700x30 m.

The runway is located at an altitude of 694 m, with a 1700x30 m asphalt surface oriented 02/20.

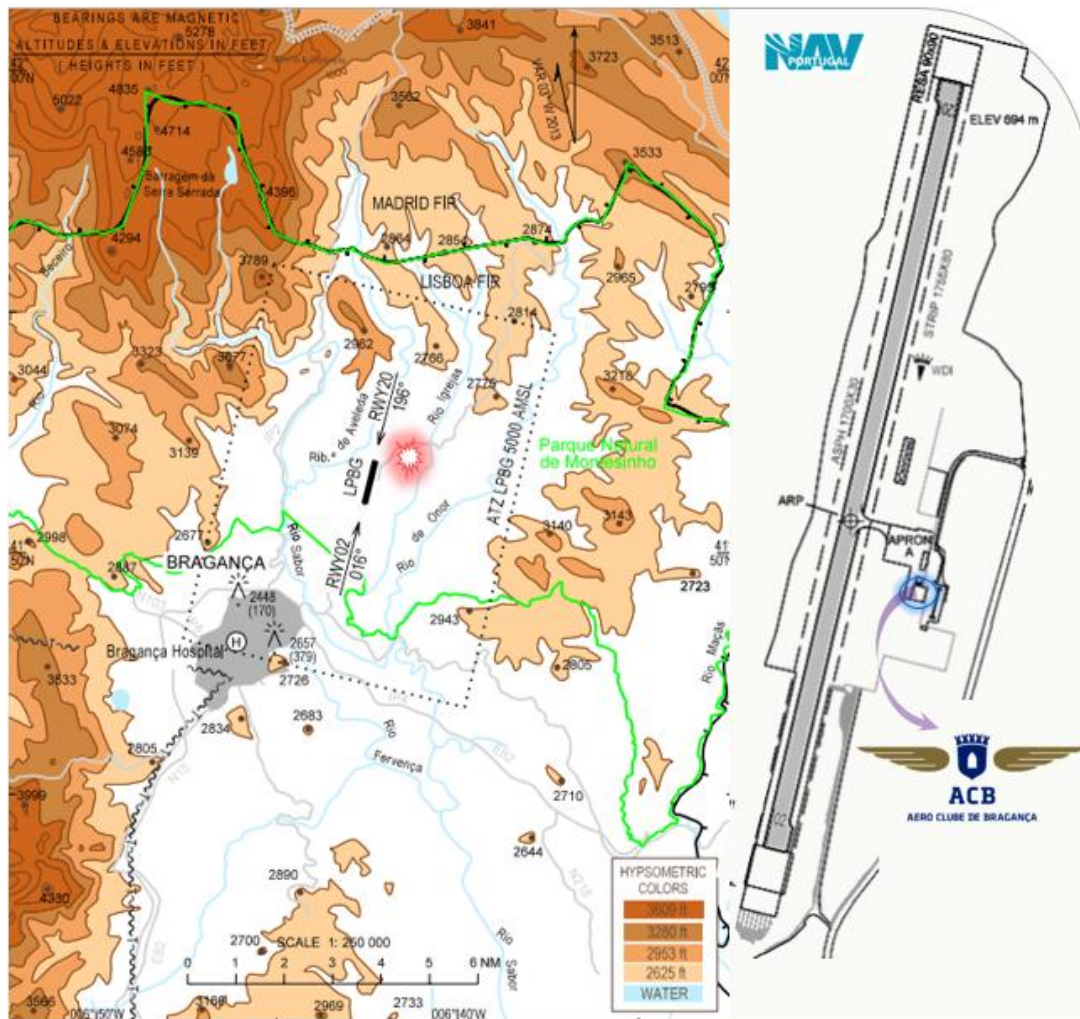


Figura 6 || Figure 6
 Detalhe do Aeródromo de Bragança (LPBG) || Bragança Airfield (LPBG) detail
 Fonte - AIS Portugal | Source - AIS Portugal

1.11. Gravadores de voo || Flight recorders

A aeronave não estava equipada com gravadores de dados de voo, nem tal é requerido pela legislação em vigor.

No entanto, a aeronave estava equipada com um equipamento GPS, Garmin 296, encontrado próximo aos destroços principais. Com o objetivo de leitura da memória interna, o equipamento foi enviado ao laboratório do AAIB onde foram descarregados com sucesso importantes dados relativos aos últimos voos da aeronave.

Dos vários pacotes de dados recolhidos foram isolados os parâmetros do voo do acidente, estimando trajetórias e traçados os perfis verticais e velocidades em relação ao terreno.

The aircraft was not equipped with flight data recorder, nor is it required by applicable legislation.

The aircraft was however fitted with a GPS Garmin 296, found close to the aircraft main wreckage. In order to perform the internal memory readout, the equipment was sent to the AAIB laboratory where important data from the aircraft’s last flights were successfully downloaded.

From the various data packages collected, the accident flight parameters were isolated, estimating trajectories and traced the vertical profiles and ground speeds.

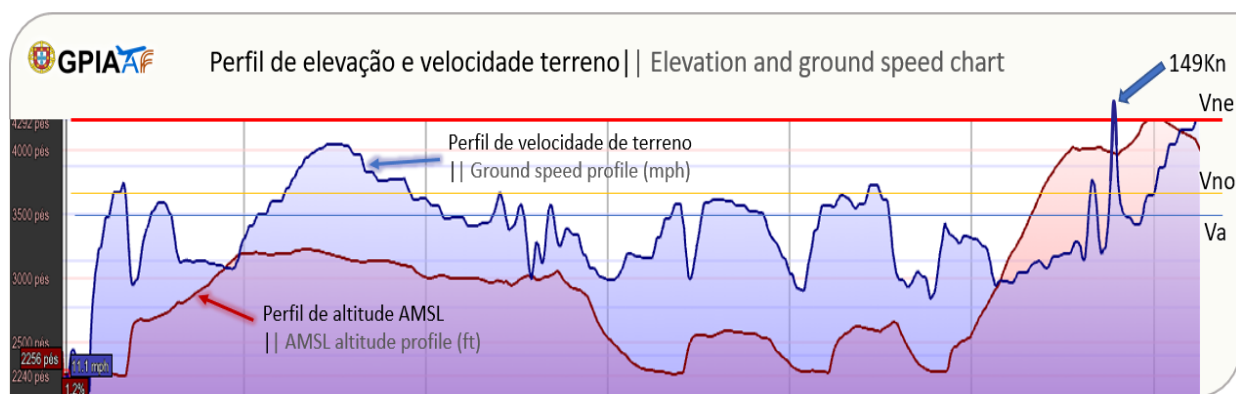


Figura 7 || Figure 7

Dados de voo coletados do GPS a bordo || Flight data retrieved from onboard GPS

Foi possível constatar que a velocidade de manobra (V_a) foi repetidamente ultrapassada e que a velocidade máxima operacional (V_{no}) foi também ultrapassada em alguns momentos, com um máximo de 149 kt em uma das manobras e ponto provável para o desencadear da falha estrutural, ultrapassando substancialmente a velocidade a não exceder (V_{ne}) de 138 kt.

É importante referir que os dados recolhidos são referentes a velocidades da aeronave em relação ao terreno, não representando o valor de velocidade do ar verdadeiro por não ter em consideração a direção e intensidade do vento em cada ponto e, portanto, não existe relação direta de tais valores de velocidade com as cargas estruturais impostas à estrutura da aeronave.

It was possible to verify that the maneuvering speed (V_a) was repeatedly exceeded, the maximum operational speed (V_{no}) was also exceeded in some moments with a maximum of 149 kt in one of the maneuvers and a probable point for structural failure, substantially exceeding the never exceed speed (V_{ne}) of 138 kt.

It is important to note that the data collected refers to aircraft speeds in relation to the ground, not representing the true airspeed value because it does not take into account the direction and intensity of the wind at each point and, therefore, there is no direct relationship of such speed values with the structural loads imposed on the aircraft structure.

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

Os destroços da aeronave foram encontrados num campo de cultivo a cerca de 1,45 km (0,8 NM) do aeródromo de Bragança, no vento de cauda do circuito esquerdo para a pista 20.

A linha de destroços foi iniciada com a separação da semi-asa direita em voo por falha da longarina principal. Os destroços da fuselagem e asa esquerda apresentaram-se junto ao ponto de impacto inicial com sulco significativo no terreno, indiciando um ângulo de colisão praticamente na vertical.

Na sequência do impacto com o solo, a libertação de energia no sentido do voo ocorreu com a desagregação de vários componentes da aeronave, a deformação severa da fuselagem,

The aircraft wreckage was found in a farming field at about 1.45 km (0.8 NM) from the Bragança aerodrome, in runway 20 downwind left circuit.

The wreckage line started with the separation of the right wing in flight due to the failure of the main spar. The wreckage of the fuselage and left wing presented itself near the point of initial impact with significant hollow in the ground, indicating a collision angle practically in the vertical.

Following the ground impact, the energy dissipation in the flight direction occurred with the separation of several components of the aircraft, severe deformation of the fuselage,

trens e semi-asa esquerda que se manteve conectada à fuselagem, apesar do seu nível de destruição.

Foi determinado que a aeronave colidiu com o solo na configuração de *flaps* 0° atendendo à posição do seu sistema de atuação.

landing gear and left wing that remained connected to the fuselage, despite its level of destruction.

It was determined that the aircraft collided with the ground in the 0° flap configuration, given the position of its actuation system.

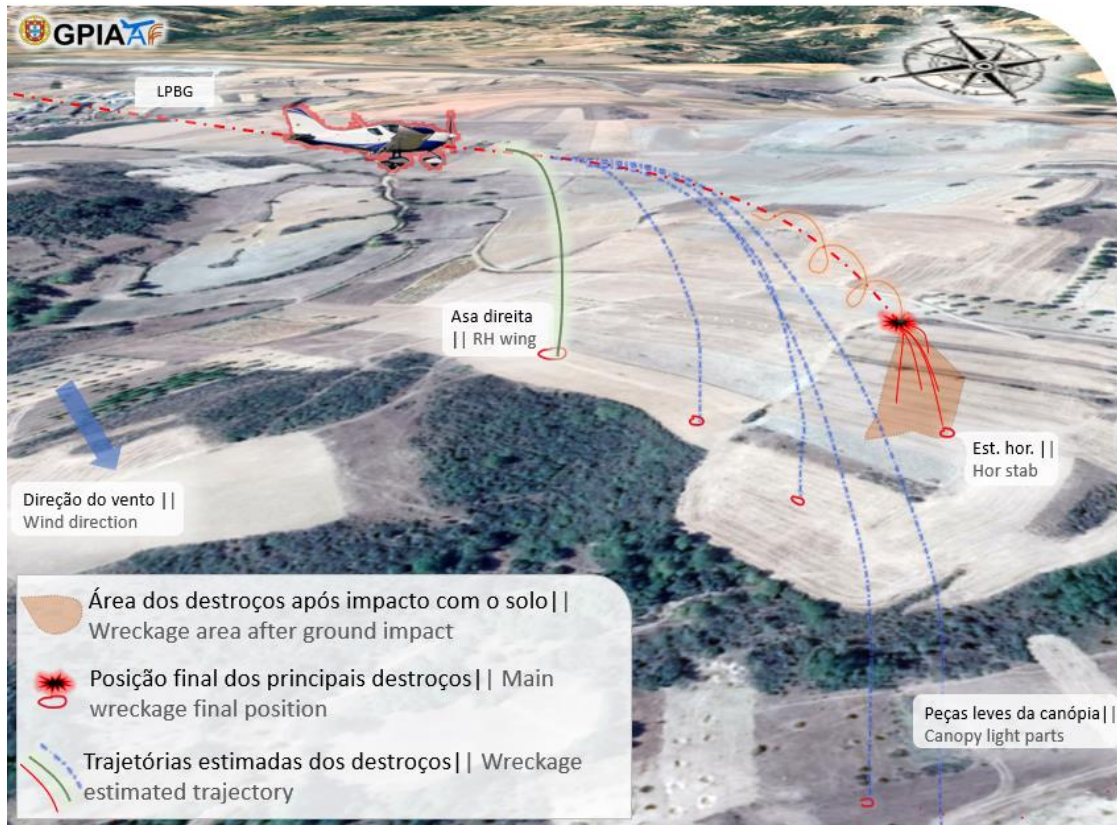


Figura 8 || Figure 8
Mapa de destroços da aeronave || Mapping of the aircraft wreckage

Os destroços ficaram espalhados por uma área com cerca de 9.000 m², tendo sido encontrados fragmentos da canóia a 348 metros da posição final da semi-asa direita da aeronave.

Os destroços da aeronave foram examinados em detalhe, não tendo revelado qualquer desconexão ou anomalia entre os comandos e as superfícies de controlo de voo no pré evento. A canóia aparentava estar na posição fechada e travada no momento do impacto da semi-asa direita em voo.

As três pás da hélice fraturaram por sobrecarga mecânica na zona da raiz, indiciando que o motor estava em funcionamento e a produzir potência no momento do impacto com o solo.

The wreckage was spread over an area of about 9,000 square meters, where canopy fragments were found at 348 meters from the aircraft right-wing final position.

The aircraft wreckage was analysed in detail, with no pre-event discrepancies found in flying controls or continuity to the control surfaces. The canopy appeared to be in the closed and latched position when it was stuck in flight by the right wing.

The three propeller blades fractured due to mechanical overload in the root area, indicating that the engine was running and producing power at the moment of impact with the ground.

A semi-asa direita, encontrada completa a 140 metros dos destroços principais, sofreu uma falha estrutural da sua longarina principal, tendo o banzo inferior evidenciado fratura por tração após elevada deformação plástica.

É provável que a semi-asa direita tenha danificado o estabilizador horizontal e leme de profundidade no seu movimento de afastamento da aeronave após separação.

The right-wing, which was found complete 140 m away from the main wreckage, had suffered a catastrophic spar structural failure, having the lower spar cap failed as a result of tensile stress after extensive plastic deformation.

It is likely that the right wing had damaged the horizontal stabilizer and rudder in its movement to move away from the aircraft after separation.



Figura 9 || Figure 9
 Detalhe dos principais destroços || Main wreckage detail

1.12.1. Exame detalhado da longarina da asa direita || Right main wing spar detailed examination

Foram enviadas ao Departamento de Ciências Aeroespaciais da Universidade da Beira Interior uma secção da longarina da asa direita e respetiva fixação à fuselagem onde ocorreu a falha estrutural, para em detalhe, proceder:

- A uma análise e confirmação do modo de falha da longarina com observação das superfícies de fratura;
- À estimativa das cargas envolvidas, recorrendo a ensaios destrutivos da secção própria da longarina;
- À estimativa da dinâmica e geometria da falha.

Foi realizado um ensaio de dureza Vickers composto por seis medições a um provete

A section of the right-wing spar and respective fuselage attachment fixation where the structural failure occurred was sent to the Department of Aerospace Sciences at University of Beira Interior for a detailed examination on:

- Failure mode analysis and confirmation of the wing spar with fracture surfaces observation;
- Assessment of the loads involved, using destructive load tests on the failed wing spar section;
- Evaluating the failure dynamics and geometry.

A Vickers hardness test was carried out, consisting of six measurements on a specimen

retirado de uma mesa inferior da longarina numa zona próxima da falha. O valor médio obtido para a dureza Vickers foi 110 com um desvio padrão de 2. O valor de dureza Vickers típico para a liga de alumínio 6061-T6 é 107, confirmando-se que a liga utilizada nas mesas da longarina é a 6061-T6. Tendo em conta a informação recolhida em literatura da especialidade⁴, foram assumidas as seguintes propriedades para a liga: módulo de Young de 68900 GPa; tensão de cedência de 276 MPa; resistência à tração de 310 MPa; resistência à compressão de 297 MPa.

Para a caracterização da resistência à tração do material, procedeu-se a um ensaio de tração, para o qual se extraíram quatro provetes de uma mesa superior da longarina, segundo a norma ASTM E8/E8M-13a, cujas configuração e dimensões se encontram representadas na figura abaixo.

A figura mostra um dos provetes após o ensaio de tração, evidenciando uma falha dúctil com estricção significativa.

taken from a lower spar cap in an area close to the failure. The average value obtained for Vickers hardness was 110 with a standard deviation of 2. The typical Vickers hardness value for the 6061-T6 aluminium alloy is 107, confirming that the alloy used in the wing spar caps is the 6061-T6. Taking into account the information collected in the technical literature⁴, the following properties for the alloy were assumed: Young's modulus of 68900 GPa; yield stress of 276 MPa; tensile stress of 310 MPa; compression stress of 297 MPa.

To characterize the tensile stress of the material, a tensile test was carried out, for which four specimens were extracted from an upper spar cap, following the ASTM E8 / E8M-13a standard, whose configuration and dimensions are shown in the figure below.

The figure shows one of the specimens after the tensile test, showing a ductile failure with significant strain.



Figura 10 || Figure 10
 Provette e detalhe da zona fraturada || Specimen and fracture detail

O ensaio de tração foi realizado utilizando uma máquina de ensaio universal SHIMADZU AG-IC com célula de carga de limite 50 kN e controlada pelo software TRAPEZIUMX, através do qual foi possível definir as características do próprio

The performed tensile test used a universal testing machine SHIMADZU AG-IC with a limit of 50 kN on the load cell and controlled by the TRAPEZIUMX software, through which it was possible to define the characteristics of the test

⁴ "Matweb", <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=b8d536e0b9b54bd7b69e4124d8f1d20a&ckck=1>, e Alan F. Liu, "Mechanics and Mechanisms of Fracture: An Introduction - Appendix 7", ASM International, pp. 397-409, 2005. <https://materialsdata.nist.gov/bitstream/handle/11115/177/Mecanical%20Properties%20Data.pdf?sequence=38f1d20a&ckck=1>

ensaio e as dimensões dos provetes, além de providenciar os dados de tempo, deslocamento e força registados.

Os dados registados foram, posteriormente, tratados e analisados, tendo-se obtido os resultados de tensão de cedência, tensão máxima e tensão de rutura, para cada um dos corpos de prova, presentes na tabela I seguinte onde se apresentam-se os valores médios obtidos, sendo a tensão de cedência e a tensão máxima médias de 231 MPa e 268 MPa, respetivamente, ao invés de 276 MPa e 310 MPa conforme literatura técnica⁴, e cujos desvios padrão foram de 28,9 MPa e 9,5 MPa, respetivamente.

itself and the dimensions of the test samples, in addition to providing the time data, displacement and the applied forces were recorded.

The recorded data were subsequently processed and analysed, having obtained the results of yield stress, maximum stress and tensile stress, for each of the specimens, where the average values obtained are presented in the following table I, with the average yield stress and maximum stress being 231 MPa and 268 MPa, respectively, instead of 276 MPa and 310 MPa according to technical literature⁴, and whose standard deviations were 28.9 MPa and 9.5 MPa, respectively.

Tabela / || Table I

	Tensão cedência Yield stress [MPa]	Tensão máxima Max. stress [MPa]	Tensão de rutura Tensile stress [MPa]
Provete 1 Specimen 1	195	275	170
Provete 2 Specimen 2	216	257	150
Provete 3 Specimen 3	238	261	190
Provete 4 Specimen 4	273	280	230
Média Mean	231	268	185
Desvio padrão standard deviation	28,9	9,5	29,6

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

O relatório da autópsia ao piloto evidenciou ausência de doença natural ou colapso repentino que pudesse afetar o controle da aeronave, sendo apontada a causa de morte os vários ferimentos violentos traumáticos sofridos durante o acidente. Não foram encontrados vestígios de álcool ou substâncias estupefacientes ou psicotrópicas.

De igual forma, o relatório da autópsia realizada ao ocupante sentado à esquerda, aponta como causa da morte os vários ferimentos violentos traumáticos sofridos durante o acidente.

Apesar de a aeronave estar equipada com cintos de quatro pontos e estarem a ser usados, foram encontrados indícios de contacto dos ocupantes com partes do cockpit, partes essas encontradas

The post-mortem examination of the pilot exhibited an absence of natural disease or sudden collapse that could affect the aircraft control with the cause of death determined as multiple traumatic violent injuries sustained during the accident. There were no traces of alcohol, drugs or psychotropic substances.

The left seated passenger post-mortem examination report indicated as cause of death multiple traumatic violent injuries sustained during the accident.

Although the aircraft was equipped with four-point seat belts in use by the occupants, it was found signs of contact between the occupants and cockpit parts. Those parts were found on the

no solo localizadas entre a posição da semi-asa direita e os destroços principais.

Não foram encontrados vestígios de álcool ou substâncias estupefacientes ou psicotrópicas.

ground between the right-wing position and the aircraft main wreckage.

There were no traces of alcohol, drugs or psychotropic substances.

1.14. Fogo || Fire

Não foram encontrados quaisquer indícios de fogo no pré ou pós o evento.

No signs of fire were found before or after the event.

1.15. Aspectos de sobrevivência || Survival aspects

O alerta para a ocorrência do acidente foi dado poucos momentos após a queda da aeronave por pessoal localizado junto ao aeródromo, tendo o socorro sido efetuado com celeridade.

O processo de falha da estrutura primária da asa direita implicou uma cedência parcial da longarina principal pelo banzo inferior, mantendo-se o banzo superior ligado à fuselagem da aeronave por alguns momentos.

Tal modo de falha obrigou a uma projeção do extradorso da asa sobre o lado direito da canópia e cockpit, invadindo o espaço dos ocupantes, eventualmente ferindo, ainda em voo, o piloto sentado à direita.

No impacto da aeronave com o solo foram desenvolvidas forças de desaceleração que excederam largamente as tolerâncias humanas, sendo o acidente classificado como de impacto sem probabilidade de sobrevivência.

Ambos os assentos da aeronave estavam equipados com cintos de segurança de 4 pontos, tendo sido utilizados por ambos os ocupantes durante o voo do acidente.

A aeronave estava equipada com um sistema de recuperação por paraquedas balístico que não foi ativado em voo. Durante a desintegração da aeronave no solo, a bolsa do para-quedas e estrutura adjacente foram projetadas para a frente libertando não só parte do paraquedas, mas também o motor foguete e respetivo invólucro. Tal condição representou um potencial

The alert for the accident was given few moments after the aircraft crashed by personnel located near the aerodrome, the first response activities were carried out rapidly.

The right-wing primary structure failure process implied a partial yielding of the main spar by the lower spar cap, keeping the upper spar cap connected to the aircraft fuselage for a few moments.

Such failure mode forced a projection of the wing's upper surface to the right side of the canopy and cockpit, invading the occupants' space, eventually injuring, during the flight, the pilot sitting on the right.

During the aircraft ground impact, deceleration forces were developed which greatly exceeded human tolerances, being the accident classified as non-survivable impact.

Both aircraft seats were fitted with a 4-point harnesses seat belts, and they were both used during the accident flight.

The aircraft was fitted with a ballistic parachute recovery system which had not been activated during the flight. During the aircraft disintegration on the ground, the parachute bag and supporting structure were projected forward, releasing not only part of the parachute, but also the rocket engine and its enclosure. This condition represented a potential risk to the first

risco para a segurança dos operacionais envolvidos nas ações de resgate das vítimas.

De acordo com os operacionais que participaram nas ações de salvamento, não houve percepção da presença de tais dispositivos instalados na aeronave. Os mesmos testemunhos confirmaram que os sistemas pirotécnicos a bordo não são conhecidos pelo pessoal de socorro.

responders involved in the aircraft occupants rescue activities.

According to the first responder who participated in the rescue operation, there was no perception of the presence of such devices installed on the aircraft. The same witnesses confirmed that onboard pyrotechnic systems are not known to search and rescue personnel.

1.16. Ensaios e Pesquisas || Tests and Research

O Departamento de Ciência Aeroespaciais da Universidade da Beira Interior efetuou um estudo sobre a estimativa de cargas de rutura da asa da aeronave acidentada. O estudo, resumido no apêndice 5.4, assumiu que a distribuição de sustentação ao longo da envergadura da asa é elítica, com pontas retangulares com uma envergadura de 8,2 m, em vez da ponta afilada com envergadura de 8,8 m. Tais condições resultam em carregamentos otimistas. A figura abaixo mostra as distribuições de sustentação, da força de corte, S , e do momento fletor ao longo da semi-envergadura da asa para $m=600$ kg e $n=4$.

The University of Beira Interior Department of Aerospace Science carried out a study on the estimation of the failure loads involved of the crashed aircraft's wing. The study, summarized on appendix 5.4, assumed an elliptical lift distribution along the aircraft wingspan, the wing has rectangular tips with a wingspan of 8.2 m, instead of the tapered tip with wingspan of 8.8 m. This setup results in an optimistic wing loading. Figure below shows the lift distributions, shear force, S , and bending moment along the semi-wing's span to $m=600$ kg and $n=4$.

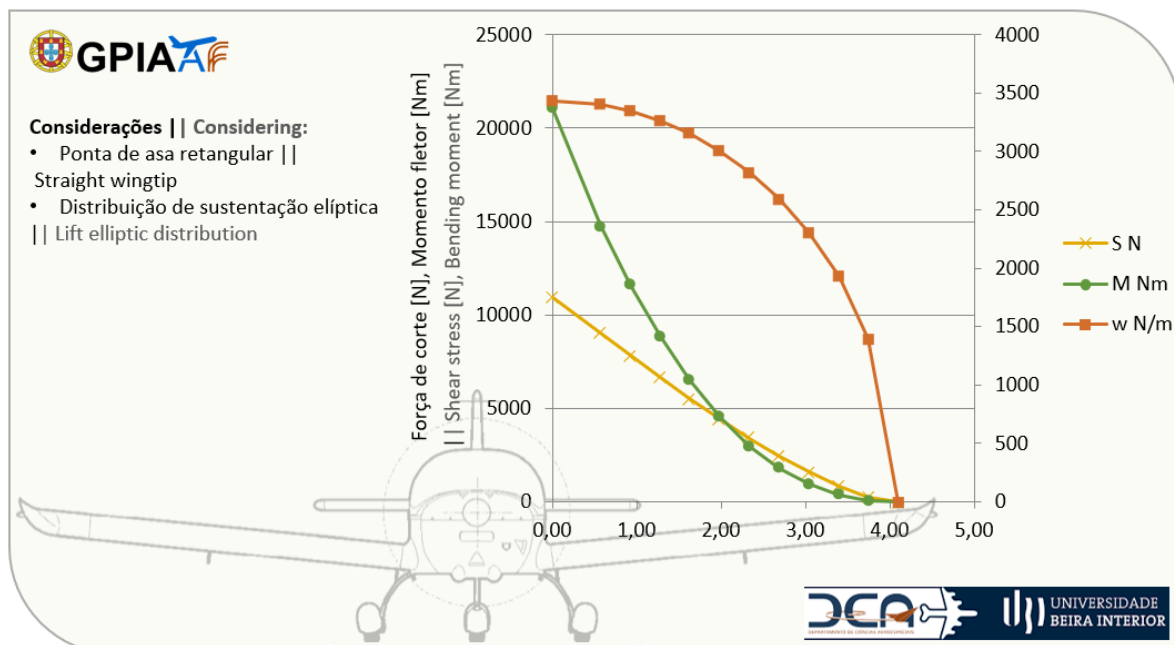


Figura 11 || Figure 11

Distribuição de esforços na asa para massa de 600 kg e fator de carga de 4 || Wing load distribution for a mass of 600 kg and a load factor of 4

Com a mesma distribuição elítica da sustentação, calculou-se o momento fletor na junção asa-

Using the same elliptical lift distribution, the bending moment at the wing to fuselage

fuselagem para duas massas da aeronave: 580 kg e 600 kg. Neste estudo, assumiu-se, também, que toda a sustentação da asa é suportada pela longarina principal. Os momentos fletores resultantes são 3804,8n Nm e 3936n Nm para as duas massas, respetivamente. Com o aumento progressivo do fator de carga calculou-se a tensão direta máxima em cada uma das partes da secção transversal e comparou-se com as tensões de cedência e resistência à tração ou compressão.

Das duas secções representadas na figura abaixo, aquela que sofre tensões mais elevadas é a correspondente à secção A-A' pelo que apenas são apresentados os resultados deste caso.

attachment was calculated for two aircraft weights: 580 kg and 600 kg. In this study, it was also assumed that all wing lift is supported by the main wing spar. The resulting bending moments are 3804.8n Nm and 3936n Nm for the two weights, respectively. With the progressive increase of the load factor, the maximum direct stress in each of the parts of the cross section was calculated and compared with the yield stresses and tensile or compression stress.

The two sections represented in figure below, the one that suffers the highest stresses is the one corresponding to section A-A', for that reason, only the results of this case are presented.

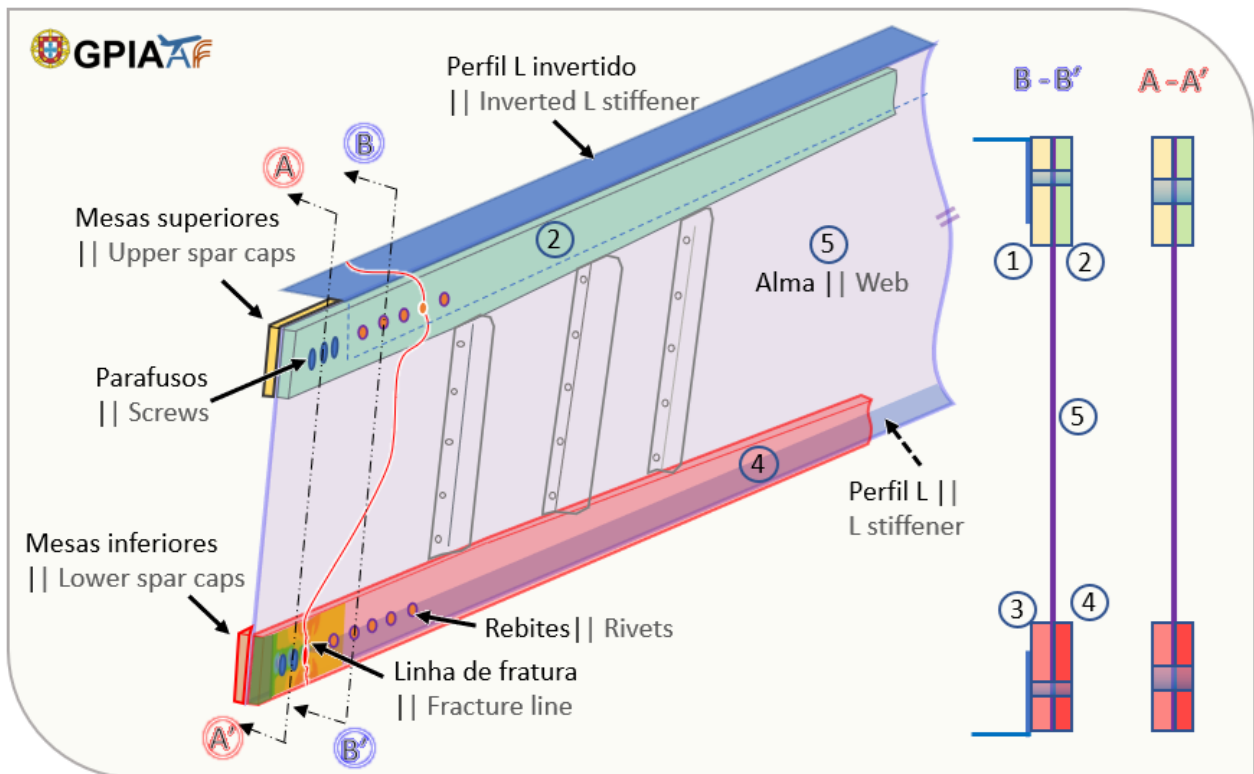


Figura 12 || Figure 12
 Detalhe de construção da longarina principal || Main spar details

As tensões de compressão nas mesas superiores não são afetadas significativamente pela presença dos furos. Usando a tensão média na secção dos furos, para valores crescentes de fator de carga obtêm-se os resultados da tabela II seguinte para as duas massas de 580 e 600 kg respetivamente.

The compression stresses on the upper spar caps are not significantly affected by the presence of the holes. Using the average stress in the hole section, for increasing load factor values, the results of the following table II are obtained for the two weight of 580 and 600 kg respectively.

Tabela // || Table //

SEQUÊNCIA SEQUENCE	Fator de carga Load factor (n)		Parte em falha Failed part [fig. 12]	Tipo de falha Failure type
	580 KG	600 KG		
1	4,72	4,56	3, 4, 5	Cedência Yield
2	5,12	4,95	1, 2	Cedência Yield
3	<u>5,3</u>	5,12	3, 4	Tração Tensile
4	2,15	2,08	1, 2	Compressão Compression

Tendo em conta os resultados acima, e considerando a primeira falha catastrófica (das mesas 3 e 4) com um fator de carga final de 5,3 para 580 kg e de 5,12 para 600 kg, verifica-se que o fator de carga limite (usando um fator de segurança de 1,5) deveria corresponder a $5,3/1,5=3,53$ e $5,12/1,5=3,41$, respetivamente, para as massas dadas. Neste segundo caso, a tensão média estimada na secção transversal do furo é $\sigma_{med}=310$ MPa e a tensão máxima estimada junto ao furo é $\sigma_{max}=771$ MPa.

Adicionalmente foram realizados pelo DCA da UBI simulações por elementos finitos para verificar a distribuição de tensões diretas na secção dos furos numa das mesas inferiores da longarina.

Para este estudo considerou-se uma massa de 600 kg e um fator de carga de 5,12g, correspondente ao valor de falha por tração mostrado na tabela acima. Nesta situação, a força de tração numa mesa inferior tem o valor de 58582 N. Esta força é aplicada na face direita do modelo da figura abaixo. Os três furos de fixação à fuselagem têm os graus de liberdade restringidos apenas quando resultam de cargas de compressão e considerando as propriedades da liga 6061-T6 conforme publicação⁴.

Para a simulação usou-se uma aproximação bi-linear à curva de tensão-deformação do material para se preverem as zonas de plastificação. A figura abaixo mostra os resultados, onde em traço preto está representado o componente não deformado.

Taking into account the results above, and considering the first catastrophic failure (from spar caps 3 and 4) with a final load factor of 5.3 to 580 kg and from 5.12 to 600 kg, it demonstrates that the limit load factor (using a safety factor of 1.5) should correspond to $5.3/1.5=3.53$ and $5.12/1.5=3.41$, respectively, for the given masses. In this second case, the average stress estimated at the cross section of the hole is $\sigma_{med}=310$ MPa and the maximum stress estimated at the hole is $\sigma_{max}=771$ MPa.

In addition, simulations by finite elements were carried out by the UBI DCA to confirm the direct stresses distribution in the holes section in one of the lower spar caps.

For this study, a mass of 600 kg and a load factor of 5.12 g were considered, corresponding to the tension failure value shown in the table above. In this situation, the tension force on a lower spar cap is 58582 N. This force is applied to the right side of the model in the figure below. The three holes for fuselage attachment have the degrees of freedom restricted only when they result from compression loads and considering the properties of the aluminium alloy 6061-T6 according to the technical publications⁴.

For the simulation, a bi-linear approximation to the stress-strain curve of the material was used to predict the strain hardening zones. The figure below shows the results, in which the undeformed component is represented in black.

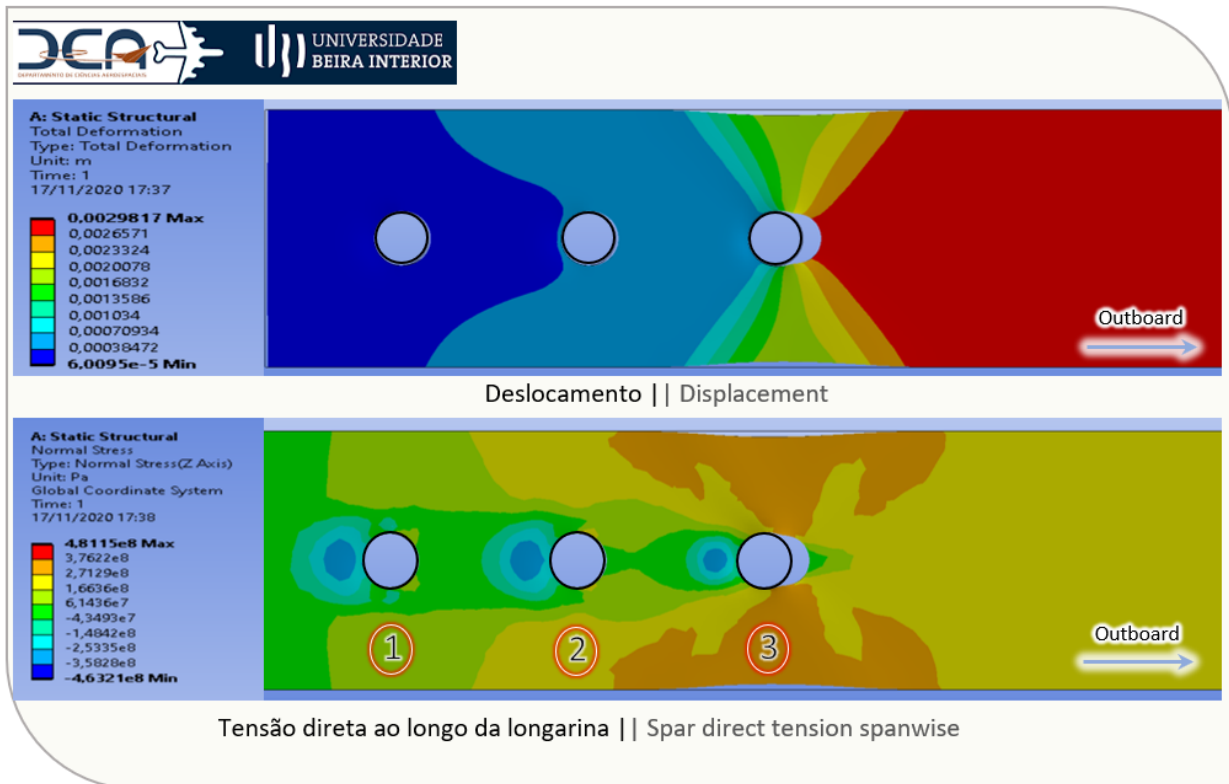


Figura 13 || Figure 13

Simulação numérica bi-linear || Bi-linear numerical simulation

Verifica-se que o furo que suporta a maior parte da carga corresponde ao terceiro furo, o qual sofre uma ovalização com um deslocamento de cerca de 2,8 mm. Na secção transversal onde este furo se encontra nota-se uma redução da área da secção transversal e a tensão média estimada é de cerca de 310 MPa com um máximo junto ao furo em torno dos 480 MPa. Estes resultados estão de acordo com os cálculos anteriormente apresentados. Verifica-se que a extensão direta sofrida junto ao furo de 0,006, um valor significativamente superior à extensão do limite elástico do material de 0,004, indicando que o componente se encontra no regime plástico.

It can be observed that the hole that supports most of the load corresponds to the third hole, which undergoes an ovalization with a displacement of about 2.8 mm. In the cross section where this hole is located there is a cross section area reduction and the estimated average stress is about 310 MPa with a maximum value close to the hole around 480 MPa. These results are in accordance with the previously theoretical calculations. It was verified that the direct extension suffered next to the hole of 0.006, a value significantly higher than the extension of the material elastic limit of 0.004, demonstrating that the component is in the plastic regime.

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

O Aero Clube de Bragança formalmente constituído em janeiro de 1963, é um organismo que visa a promoção da prática da aviação e atividades similares entre os seus associados e o convívio social e cultural entre todos os praticantes e simpatizantes da aviação.

The Aero Clube de Bragança was established in January 1963 and is an organization that aims to promote aviation and similar activities, social and cultural practices among its associates, all aviation practitioners and supporters.

No início do ano de 2019 o Aero Clube de Bragança adquiriu uma aeronave para substituir um ultraleve com desempenho e performances inferiores, complementando a oferta de aeronaves aos sócios pilotos com licenças UL. A frota da coletividade à data do acidente era composta por um Cessna 172 e pelo ultraleve avançado modelo SportCruiser, aeronave envolvida no acidente.

Como é prática neste tipo de associativismo aeronáutico, o clube rentabiliza as suas aeronaves alugando-as aos sócios praticantes da atividade sob condições estabelecidas nos seus estatutos. A aeronave era muito requisitada pelos sócios pilotos do aeroclube, não só por representar uma novidade na coletividade, mas sobretudo por ter características de performance e manuseamento em voo reconhecidas como agradáveis.

A coletividade não tinha previsto, nem tal é requerido pela regulamentação em vigor, um sistema de monitorização de dados de voo, depositando o controlo de possíveis desvios e supervisão da operação das suas aeronaves na conduta dos seus pilotos utilizadores e no programa de inspeções de manutenção aprovados para as respetivas aeronaves.

At the beginning of 2019, the Aero Clube de Bragança acquired an aircraft to replace an under-performance ultralight, complementing the aircraft offer to UL associated licensed pilots. The club's fleet at the time of the accident was composed of a Cessna 172 and the advanced SportCruiser ultralight model, aircraft involved in the accident.

As common practice in this type of aeronautical association, the club makes its aircraft profitable by renting it to members practicing the activity under conditions established in its bylaws. The aircraft was in high demand by the pilot members of the aeroclub, not only because it represents a novelty in the community, but above all because it has performance and handling characteristics in flight recognized as being pleasant.

The organization had not foreseen, nor is this required by current regulations, a flight data monitoring system, relying the possible deviations control and aircraft operation supervision on its user pilots' behaviours and in the aircraft approved maintenance inspection program.

1.18. Informação adicional || Additional information

1.18.1. Características do GPS a bordo || Onboard GPS features

O sistema de navegação global por satélite (GNSS), e especificamente o sistema de posicionamento global (GPS) desenvolvido nos EUA, é um sistema de navegação por satélite composto por uma rede de 24 satélites. Originalmente destinado a aplicações militares, na década de 1980 o sistema foi disponibilizado para uso civil. Sem custos para os utilizadores, funciona em qualquer condição climática, em qualquer lugar do mundo, 24 horas por dia.

Qualquer que seja o sistema de navegação por satélite, terá naturalmente as suas limitações sendo algumas delas comuns como a dificuldade de obtenção de dados em voo com atitudes anormais das aeronaves, informação de altitude barométrica ou taxa de recolha de dados.

The Global Navigation Satellite System (GNSS), and specifically the USA Global Positioning System (GPS) is a satellite-based navigation system made up of a network of 24 satellites. Originally intended for military applications, in the 1980s the system was made available for civilian use. GPS works in any weather conditions, anywhere in the world, 24 hours a day. There are no subscription fees or setup charges to use GPS.

Whatever the satellite navigation system, it will naturally have its limitations, some of which are common, such as the difficulty of obtaining data in flight with abnormal aircraft attitudes, barometric altitude information or data collection rate.

Os equipamentos GNSS padronizados de aviação, embora valiosos no fornecendo de dados confiáveis para investigação de acidentes de aviação geral, não foram projetados para serem precisos durante manobras altamente dinâmicas. Os dados recolhidos com a aeronave em atitudes de voo anormais devem ser tratados com cautela, pois podem aparentar um voo “normal” por dificuldades de amostragem dos dados.

A localização da antena na fuselagem é um importante parâmetro a ter em consideração para obtenção de dados fiáveis, pois *loopings* ou *spins* podem não ser reconhecidos nos registos de dados.

Tais limitações do sistema estão presentes no dispositivo instalado a bordo, modelo Garmin 296, que dispunha de uma taxa de gravação variável com amostragem máxima a cada 2 segundos.

1.18.2. Testemunhos || Witnesses

Foram recolhidas informações de testemunhas presentes no aeródromo que, em diferentes fases, assistiram ao desenrolar dos acontecimentos na tarde do acidente e que contribuíram para o enquadramento e sequenciação dos factos. Estes testemunhos foram também importantes para a caracterização de possíveis comportamentos do piloto instrutor.

Uma testemunha ocular localizada na povoação de Varge próxima do evento, afirmou ter visto a aeronave e descreveu a fase final do voo como “a subir, desintegrou-se e caiu a pique”.

Pela posição relativa da testemunha em relação à linha de voo com a aeronave em aproximação à sua posição, é provável que a testemunha tivesse a percepção de subida da aeronave assim como da queda na vertical.

Standard aviation GNSS units/installations although very valuable providing reliable evidence to general aviation accident investigation, they are not designed for accuracy during highly dynamic manoeuvres. The data collected from when an aircraft departed from “normal” flight should be treated with caution as these data may look like “normal” flight due to sampling.

The antenna location on the airframe is an important parameter to have in mind for reliable data source, as loops and spins may not be noticed on the recorded tracks.

Such system limitations are present in the onboard device, a Garmin model 296, that had a variable recording rate with maximum sampling every 2 seconds.

Information was collected from witnesses present at the aerodrome who, at different stages, observed the events on the accident afternoon and who contributed to the facts framing and sequencing. These testimonies were also important for the characterization of possible behaviours of the instructor pilot.

An eyewitness located near the event at Varge village, declared to have seen the aircraft and described the final phase of the flight as "going up, disintegrating and falling down".

From the witness's relative position to the flight path, with the aircraft approaching to his position, it is likely that the witness had the perception of the aircraft's climb as well as the vertical fall.

1.18.3. Sistema de recuperação de paraquedas balístico (BPRS) || Ballistic Parachute Recovery System (BPRS)

A aeronave estava equipada com um BPRS marca BRS modelo BRS-6 1350. Os componentes do sistema são mostrados na figura abaixo e consistem em:

- um saco de paraquedas montado à frente do painel de instrumentos e junto ao para-fogo (item 1);
- um arnês e tiras/cabos para conectar o paraquedas à aeronave (item 2 e 4);
- um foguete contido num tubo de lançamento instalado na mesma zona do saco (item 3), conectado por um cabo ao paraquedas (não mostrado na figura 10);
- um punho de ativação montado no painel de instrumentos (item 5).

A ativação do sistema é obtida removendo o pino de segurança do punho (item 5) e puxando o punho. Esta ação dispara o foguete, que ao sair do lançador (item 3) passa por um painel frágil localizado à frente da canópia. O foguete puxa o paraquedas do saco (item 1), para deixar a aeronave suspensa pelo arnês e cabos (itens 2 e 4) sob o paraquedas.

The aircraft was equipped with a BRS model BRS-6 1350. The components in the system are shown in figure below and consist of:

- a parachute pack mounted forward of the instrument panel, aft of the firewall (item 1);
- a harness and cables to attach the parachute to the aircraft (item 2 and 4);
- a rocket contained in a launch tube mounted near the parachute pack (item 3), which is connected by a cable to the parachute (not shown in figure 10);
- an activation handle mounted on the instrument panel (item 5).

The system deployment is achieved by removing the safety pin from the handle (item 5) and pulling the handle. This action fires the rocket, which on leaving its launcher (item 3) passes through a frangible panel located forward of the canopy. The rocket pulls the parachute from its pack (item 1), to leave the aircraft suspended by the harnesses and cables (item 2 and 4) under the parachute.

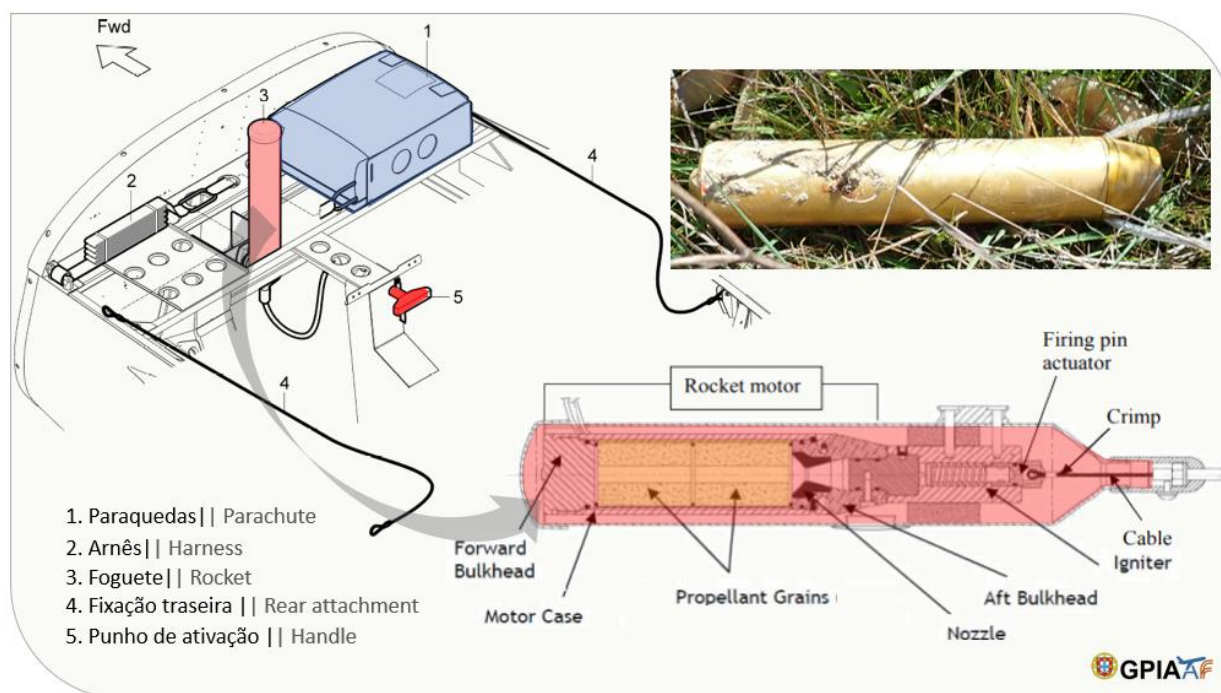


Figura 14 || Figure 14

Instalação do BPRS na aeronave SportCruiser || BPRS installation on SportCruiser aircraft

Na desintegração da aeronave durante a colisão com o solo, o saco do paraquedas e respetivos acessórios foram projetados para fora da aeronave, tendo esta dinâmica feito ativar o motor foguete por libertação do pino de ativação.

In the aircraft disintegration aircraft during the ground collision, the parachute bag and its accessories were projected out of the aircraft, having this dynamic activated the rocket engine by releasing the activation pin.

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

Para além das habituais técnicas de investigação, o evento levou a:

- um estudo e interpretação dos dados GPS recolhidos do equipamento a bordo.
- cálculo teórico do modo de falha dos componentes integrantes da estrutura primária da longarina da asa.
- ensaios laboratoriais destrutivos através de ensaio universal de tração ASTM E8/E8M-13a (Shimadzu AG-IC com software Trapeziumx) e ensaio de dureza Vickers para validação do modo de falha da secção da longarina da asa direita da aeronave e determinação das características do material da mesma.

In addition to the usual investigation techniques, the event required:

- study and interpretation of GPS data collected from the equipment on board.
- failure mode theoretical calculation of main wing spar components primary structure.
- laboratory destructive tests by tensile stress ASTM E8/E8M-13a (Shimadzu AG-IC with software Trapeziumx) and Vickers test to validate the aircraft right wing spar section failure mode and to determine its material characteristics.

2. ANÁLISE || ANALYSIS

2.1. Interpretação dos dados recolhidos do GPS a bordo || Onboard GPS retrieved data interpretation

Atendendo aos dados de voo recolhidos e devidamente tratados, o voo foi dividido em quatro fases distintas onde se podem retirar importantes factos sobre a pilotagem da aeronave, tipo de manobras e ações dos ocupantes na condução do voo.

Considering the collected and properly processed flight data, the flight was divided into four distinct phases, important facts were revealed about aircraft piloting, type of manoeuvres and actions of the occupants in conducting the flight.

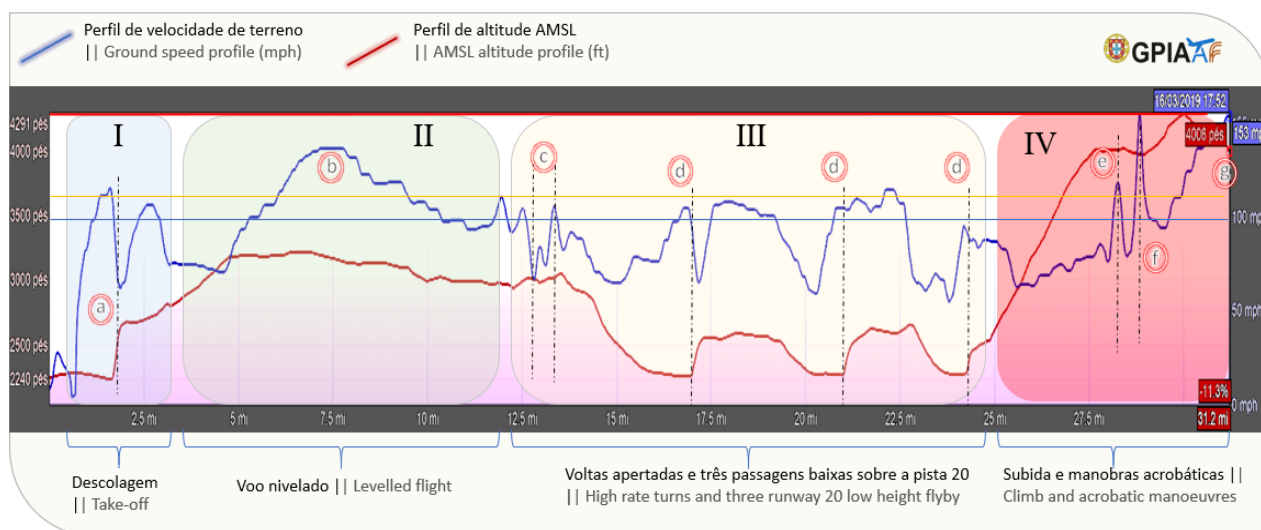


Figura 15 || Figure 15
 Detalhe de perfil do voo do acidente || Accident flight profile detail

Fase I – Descolagem:

Após o táxi para a posição de descolagem na pista 20, a aeronave inicia a corrida, efetuando a descolagem em aceleração num voo a muito baixa altitude até ao final da pista, momento (a) em que é comandada para uma subida abrupta com uma razão de subida em torno dos 4500 ft/min em volta pela direita.

Fase II – Voo nivelado:

Uma fase considerada como operação normal da aeronave dentro dos limites operacionais, com exceção da velocidade de terreno elevada (b), eventualmente potenciada por uma componente de vento de cauda.

Fase III – Voltas apertadas e passagens baixas:

Esta fase do voo do acidente inicia-se com um conjunto de voltas apertadas (c), provavelmente no plano horizontal e sem perda significativa de altitude. De seguida são realizadas três passagens

Phase I – Take-off:

After taxiing to the take-off position on runway 20, the aircraft starts the run, taking off in acceleration on a flight at very low altitude until the end of the runway, moment (a) when it is commanded for an abrupt climb with a rate of climb around 4500ft/min with a right turn.

Phase II – Levelled flight

A phase considered as normal operation of the aircraft within the operational limits, except for the high ground speed (b), possibly enhanced by a tailwind component.

Phase III – High rate turns and low height flyby

This phase of the accident's flight begins with a set of tight turns (c), probably in the horizontal plane and without significant loss of altitude. Then three low passes are made over runway 20,

baixas sobre a pista 20, tendo a primeira iniciado um circuito direito a baixa altitude, a segunda um circuito esquerdo também a baixa altitude, ambos usando a totalidade de extensão da pista, cabrando significativamente a aeronave no final da mesma, e um terceiro circuito com saída pela esquerda com voo rasante ao hangar do Aero Clube.

Fase IV – Subida e manobras acrobáticas⁵:

A última fase do voo é iniciada com uma subida (e) até cerca dos 2000 ft AGL. Nesta altitude são realizadas duas manobras (f), onde provavelmente são excedidos os limites de variação de velocidade com implicações na deformação estrutural permanente da aeronave.

Após ter sido atingido o valor de 149 kt como pico de velocidade de terreno, a aeronave voa por mais 1 minuto e 11 segundos numa direção praticamente norte onde o sinal de GPS é perdido já com a aeronave novamente em aceleração. A falha de sinal do GPS com a aeronave ainda em voo foi atribuída aos danos que a asa direita provocou à antena do equipamento no seu movimento da colisão com a canópia e consequente separação da aeronave.

the first having started a right circuit at low altitude, the second a left circuit also at low altitude, both using the entire length of the runway, significantly increasing the pitch of the aircraft at the end of it, and a third circuit with left exit with low flight over the Aero Clube hangar.

Phase IV – Climb and acrobatic⁵ manoeuvres

The last phase of the flight starts with a climb (e) up to about 2000ft AGL. At this altitude, two manoeuvres are performed (f), where the limits of speed variation are likely to be exceeded, with implications for the permanent structural deformation of the aircraft.

After reaching 149kt as top ground speed, the aircraft flies for another 1 minute and 11 seconds in a nearly northly direction where the GPS signal was lost as the aircraft was accelerating and descending. The failure of the GPS signal with the aircraft still in flight was attributed to the damage caused by the right wing to the GPS antenna in its movement colliding with the canopy and consequent aircraft separation.

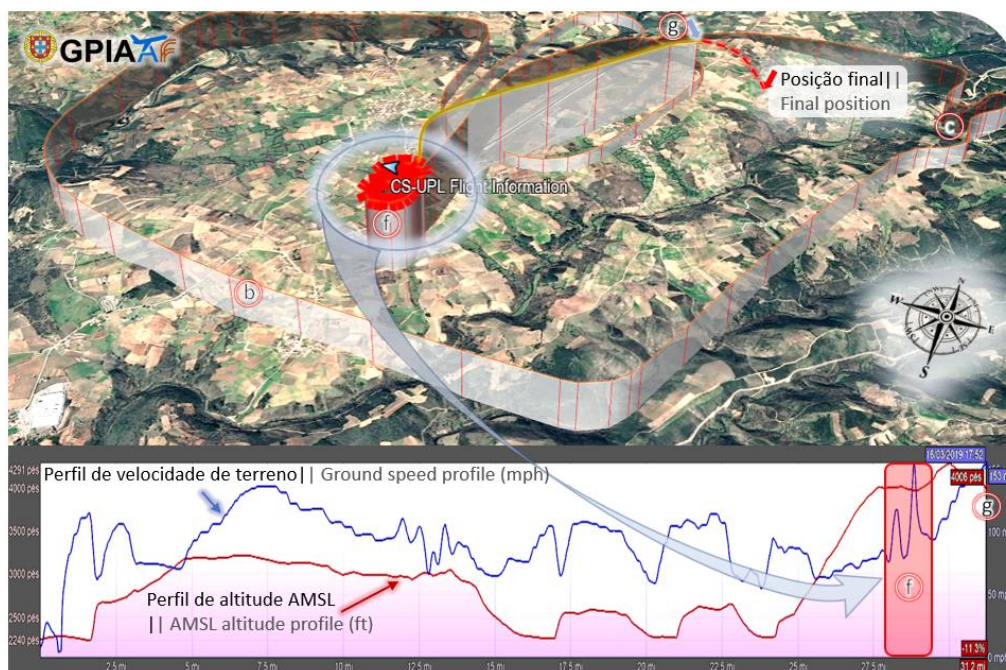


Figura 16 || Figure 16

Trajeto e perfil do voo do acidente || Accident flight tracking and profile

⁵ O Regulamento 164/2006 relativo à construção, certificação e operação de aeronaves ultraleves, refere no ponto tt) do Artigo 1.º, "Voo acrobático" como manobras executadas intencionalmente por uma aeronave que envolvam uma mudança abrupta na atitude, uma atitude anormal ou uma mudança rápida de velocidade || Regulation 164/2006 about ultralight aircraft construction, certification and operation, refers in point tt) of Article 1º, "Aerobatic flight" as manoeuvres intentionally performed by an aircraft that involve an abrupt change in attitude, an abnormal attitude or a fast change in speed.

2.2. O voo do acidente || The accident flight

O passageiro sentado à esquerda com experiência de pilotagem em aeronaves com certificado tipo de aviação geral e onde tinha recentemente concluído a sua formação num curso ATPL integrado, pretendia usufruir de um voo, na companhia do instrutor residente, na recém-chegada aeronave ao Aero Clube.

Tendo em consideração o propósito do voo, o enquadramento e ações desencadeadas pelo ocupante sentado à esquerda, não se pode excluir a possibilidade de ações de pilotagem direta com o processo de tomada de decisão centrado no ocupante sentado à esquerda, em algumas fases do voo.

De acordo com os dados recolhidos, a aeronave executava um voo local de demonstração das suas características de manuseamento e performance de voo com a realização de alguns circuitos de aeródromo, voltas apertadas e passagens baixas sobre a pista. Em algumas fases do voo os limites de velocidade e respetivas variações (aceleração) definidos pelo fabricante da aeronave foram ultrapassados, tal não é consistente com as práticas habituais do piloto instrutor, o que suporta a possibilidade de ações de pilotagem pelo piloto sentado à esquerda.

Após uma primeira fase de voo a baixa altitude com três aproximações à pista 20, os ocupantes terão decidido subir até aos 4000 ft (2000 ft AGL) para realizar um outro tipo de manobras que não eram possíveis serem realizadas em segurança a baixa altitude. Numa dessas manobras os limites de velocidade máxima da aeronave foram excedidos, onde os dados de variação de velocidade sugerem acelerações superiores a +5,3g, valor acima do limite estrutural da aeronave publicada de +4g.

Analisando em detalhe as características do painel de instrumentos da aeronave acidentada por forma a avaliar o tipo de informação disponível aos pilotos, conforme referido em 1.6, são notórias as diferenças de configuração do painel relativamente a uma aeronave com certificado tipo, como um Cessna 152, desde logo pela ausência de um horizonte artificial.

Uma outra particularidade não menos relevante, prende-se com a marcação não padronizada no

The passenger seated on the left with general aviation type certificate aircraft piloting experience and where he had recently completed his ATPL integrated training course, intended to enjoy a flight, in the company of the resident instructor, on the newly arrived aircraft at the Aero Club.

Taking into account the flight purpose, the framework and actions triggered by the occupant sitting on the left, it cannot be ruled out the possibility of direct piloting actions with the decision-making process centred on the left seated occupant, in some phases of the flight.

According to the data collected, the aircraft performed a local flight to demonstrate its handling characteristics and flight performance with the completion of some aerodrome circuits, tight turns and low passages over the runway. In some phases of the flight, the speed limits and respective variations (acceleration) defined by the aircraft manufacturer were exceeded, this is not consistent with the instructor pilot's usual practices, which supports the possibility of piloting actions by the left seated pilot.

After a first low altitude flight phase with three approaches to runway 20, the occupants would have decided to climb up to 4000 ft (2000 ft AGL) to perform another type of manoeuvre that was not possible to be performed safely at low altitude. In one of these manoeuvres the aircraft maximum speed limits were exceeded, where the speed variation data suggests accelerations higher than +5,3g, a value above the published aircraft structural limit of +4g.

Analysing in detail the characteristics of the instrument panel of the crashed aircraft in order to assess the type of information available to the pilots, as mentioned in 1.6, the panel configuration differences are notorious in relation to a type certificated aircraft, such as a Cessna 152, starting by the absence of an artificial horizon.

Another not less relevant feature, is the non-standard marking on the airspeed indicator

indicador de velocidade do ar (velocímetro) onde a Vne é incorretamente apresentada com um arco vermelho, representando uma gama de velocidades, em vez de um traço a representar um valor único de velocidade para o limite de integridade estrutural da aeronave.

A norma ASTM F2245 no seu ponto 9.1.2. Marcação de instrumentos, refere no item (4) Velocidade a não exceder, Vne — Marcação com uma linha vermelha perpendicular à direção do movimento do indicador, como pode ser visto no indicador padronizado abaixo à direita.

where the Vne is incorrectly displayed with a red arc, representing a speed range, instead of a dash representing a speed limit value for the structural integrity of the aircraft.

ASTM F2245 in paragraph 9.1.2. Instrument Marking, states in item (4) never exceed speed, Vne - Marking with a red line perpendicular to the direction of movement of the indicator, as can be seen in the standardized indicator below on the right.

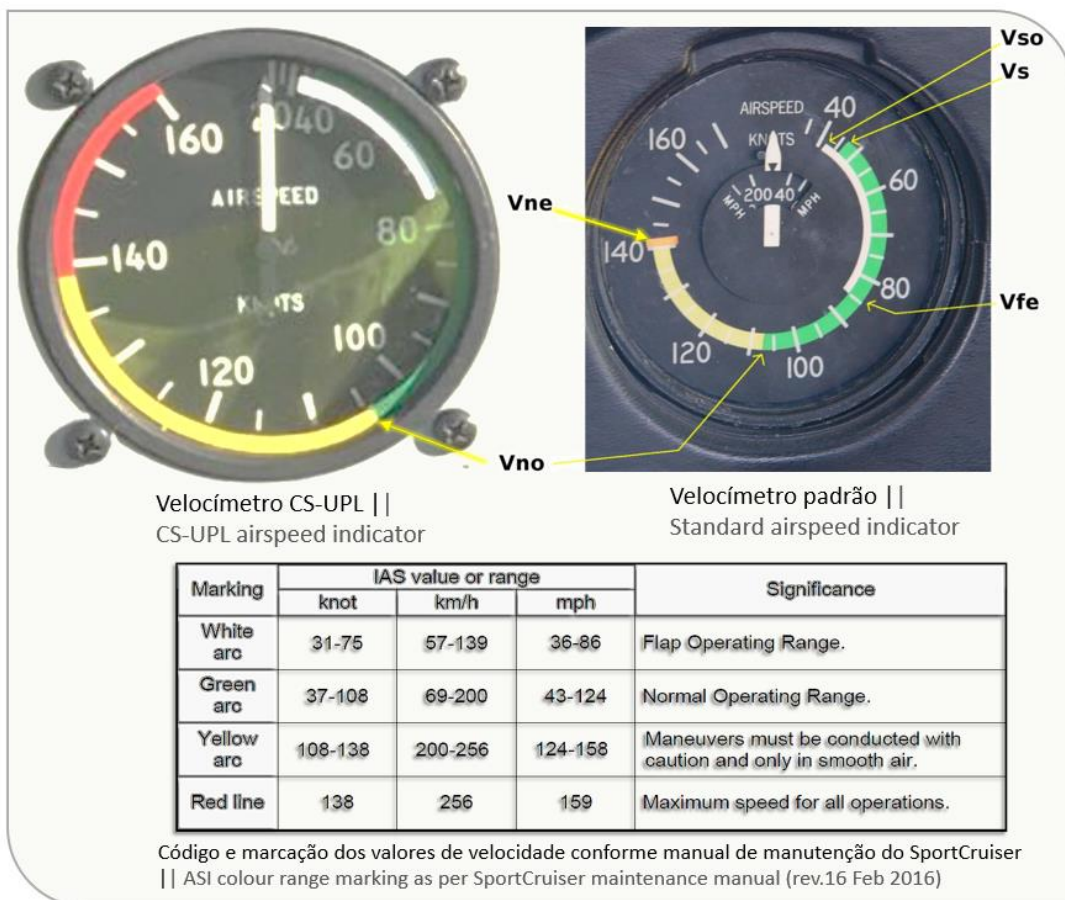


Figura 17 || Figure 17

Velocímetro instalado no CS-UPL vs equipamento padronizado || Airspeed indicator installed on CS-UPL vs standard ASI

Do ponto de vista do interface Homem-máquina (HMI), a configuração do mostrador, apresentando um arco vermelho, pode ser erradamente interpretado pela tripulação como uma gama de velocidades a evitar ou a alcançar apenas momentaneamente, e não como uma velocidade única a nunca exceder.

From the Human-machine interface (HMI) perspective, the ASI display configuration, showing a red arc, may be misinterpreted by the crew as a range of airspeeds to avoid or to use momentarily only, and not a single point of never exceeding speed.

Não existe informação se foi realizado algum planeamento ou briefing do voo entre os pilotos,

There is no information available as to whether any flight planning or briefing has been carried

nem dados disponíveis para determinar inequivocamente qual dos ocupantes estava efetivamente aos comandos da aeronave em cada momento do voo. Contudo e atendendo ao comportamento habitual do piloto instrutor e considerando ainda o voo anterior realizado numa aeronave Cessna 172 com a mesma tripulação partilhando experiências de voo, afigura-se como muito provável que a aeronave em alguns momentos do voo do acidente foi pilotada pelo ocupante sentado à esquerda.

Atendendo ainda à experiência de voo do passageiro, é provável que o piloto sentado à direita, instrutor e responsável pelo voo, tenha, para além da delegação das comunicações rádio e da passagem de comandos da aeronave, também delegado o processo de decisão da condução do voo de cada manobra ao ocupante sentado à esquerda.

Admitindo tal cenário, e tendo em consideração a falta de experiência do ocupante sentado à esquerda em que o voo do acidente terá sido a sua primeira experiência na aeronave ultraleve com comportamentos dinâmicos distintos das aeronaves com certificado de tipo, não se pode excluir a hipótese de uma perda de controlo da aeronave na sequência da realização de manobras não aprovadas para o modelo de aeronave.

out between the pilots, nor data available to determine which occupants were actually in control of the aircraft at each moment of the flight. However and given the standard behaviour of the instructor pilot and considering the previous flight on a Cessna 172 aircraft with the same crew sharing flight experiences, it is very likely that the aircraft at some points during the accident flight was flown by the occupant sitting on the left.

In view of the passenger's flight experience, it is likely that the right seated pilot, instructor and the person responsible for the flight, would have, in addition to the delegation of radio communications and aircraft controls, also delegated the decision-making process for the conduct of each flight manoeuvre to the left seated occupant.

Admitting such scenario, and taking into account the lack of experience of the left seated occupant, in which the accident flight was his first experience in the ultralight aircraft with distinct dynamic behaviours from type certified aircraft, the aircraft loss of control possibility cannot be ruled out as a result of manoeuvres not approved for the aircraft type.

2.3. Dinâmica de falha provável da longarina da asa direita | | Probable failure dynamics of the right wing spar

Estabelecidas as condições e parâmetros de voo, no momento provável da falha estrutural, com base nos dados disponíveis e considerados os fatores:

- massa da aeronave;
- velocidade do ar e sua variação no tempo;
- geometria e características dos materiais constituintes da asa da aeronave;
- configuração de distribuição elíptica de cargas ao longo da envergadura da asa;
- configuração de *flaps* na posição 0º (recolhidos);

Established the conditions and flight parameters, at the probable moment of the structural failure, based on the available data and considering the factors:

- aircraft mass;
- air speed and its variation in time;
- aircraft wing geometry and materials characteristics;
- elliptical load distribution configuration along the wingspan;
- flaps configuration at 0º position (retracted);

- sem efeito ou influência do tipo de ponta de asa;
- sem variação de densidade do ar;
- sem considerar eventuais interferências, concentrações de tensões ou defeitos de fabrico ou dos materiais empregues;
- todos os esforços são suportados pela longarina principal sem momento de torção;

Usando a geometria da secção de falha da longarina da figura abaixo, calcularam-se as propriedades da mesma secção como o momento fletor na junção asa fuselagem para a massa estimada da aeronave nos 580 kg.

- without wing tip type effect or influence;
- without air density variation;
- without considering possible interference, stress concentrations or used materials manufacturing defects;
- all efforts are supported by the main spar without torsional moment;

Using the geometry of the spar failure section in the figure below, the properties of the same section were calculated along with the bending moment at the fuselage wing junction for the estimated mass of the aircraft at 580kg.

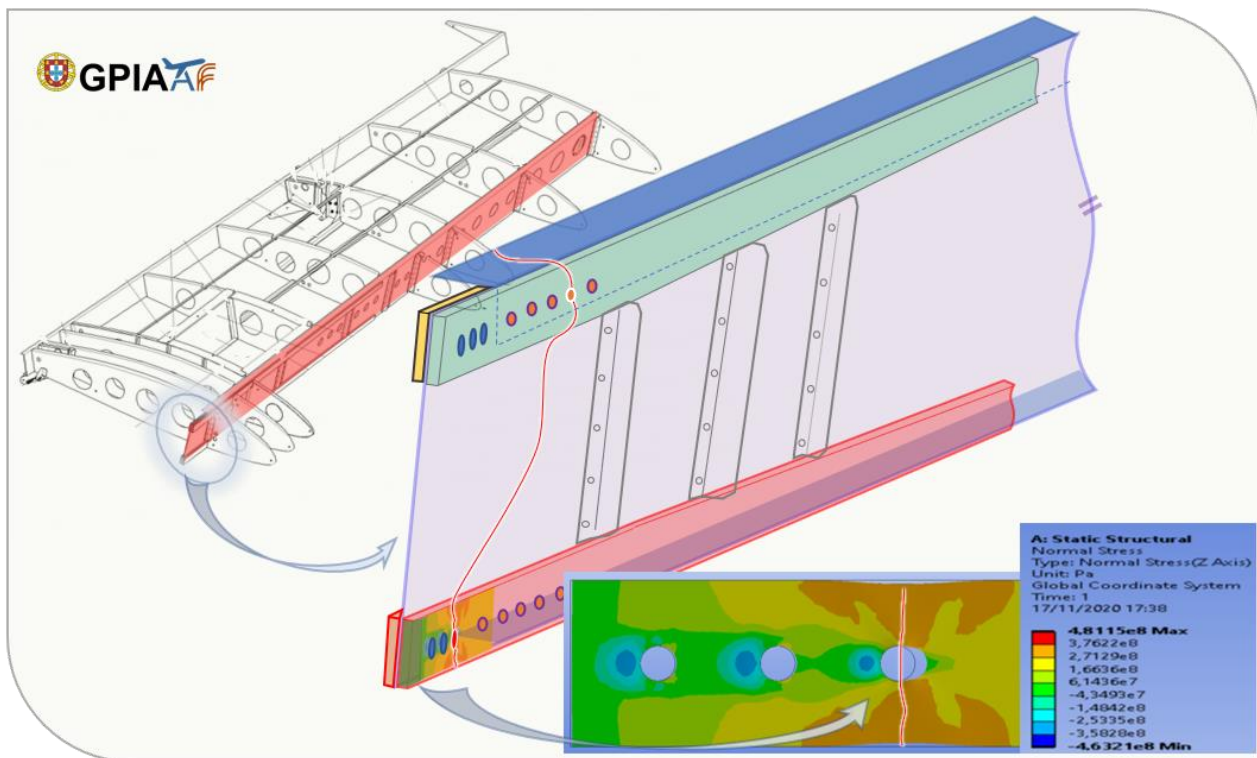


Figura 18 || Figure 18

Ilustração do modo de falha da mesa inferior da longarina || Lower spar cap failure mode illustration

Para esses mesmos 580 kg estimados, a sequência de cargas necessárias para ocorrência da falha total na secção da longarina inicia-se com um fator de carga nos 5,3 g, onde ocorre a primeira cedência da mesa inferior, seguida de uma falha catastrófica por compressão das mesas superiores.

Verifica-se que a cedência do material ocorre para fatores de carga superiores a 4, o fator de carga limite da aeronave; contudo, a falha

For these same estimated 580 kg, the sequence of loads necessary for the occurrence of a total spar failure starts with a load factor of 5.3 g, which results in the first failure of the lower spar cap, followed by a catastrophic failure by compression of the upper spar caps.

The material failure occurs for load factors greater than 4, the limit load factor of the aircraft, however, the catastrophic failure occurs for

catastrófica ocorre para fatores de carga finais inferiores a 6, o fator de carga final da aeronave.

Há que referir que o estudo teórico de determinação das cargas foi realizado com as resistências publicadas na literatura especializada⁴. Se o estudo fosse realizado com as resistências obtidas nos ensaios de tração realizados, os fatores de carga obtidos seriam inferiores aos aqui apresentados.

Tais resultados teóricos comprovam que a aeronave acidentada não cumpria com os padrões ASTM conforme mencionado no capítulo 1.6.2 acima e respetivo apêndice 5.1.

A dinâmica de falha da longarina sugere um cenário de falência faseada com uma deformação inicial permanente da estrutura, sem separação, e uma segunda fase já em consequência da falha catastrófica dos elementos constituintes da mesa inferior e separação da secção central da longarina (fuselagem).

Considerando a sequência de manobras e trajetória da aeronave registada, não se pode excluir um cenário de deformação permanente da semi-asa direita à saída da última manobra, eventualmente notada pelos ocupantes da aeronave, que de imediato iniciaram um circuito de aproximação para a aterragem. Quando no vento de cauda esquerdo em descida e com aumento de velocidade, ocorre a separação da semi-asa direita.

ultimate load factors less than 6, the ultimate load factor of the accidented aircraft model.

It should be noted that the load calculation theoretical study was carried out with the stress published in the technical literature⁴. If the study were carried out with the stresses obtained in the tensile tests performed, the load factors obtained would be lower than those presented here.

Such theoretical results prove that the crashed aircraft did not comply with the ASTM standards as mentioned in chapter 1.6.2 above and the respective appendix 5.1.

The spar failure dynamics suggests a scenario of phased failure with a permanent initial structure deformation, without separation, and a second phase occurring after the catastrophic failure of lower spar cap and central section separation of the main root (fuselage).

It cannot be excluded, considering the manoeuvres sequence and recorded aircraft trajectory, a scenario of permanent deformation of the right wing when exiting from the last manoeuvre, possibly noticed by the aircraft occupants, who immediately started an approach circuit for landing. When descending in the left downwind leg with increased speed, the separation of the right wing occurred.

2.4. Operação de aeronaves em regime de partilha || Shared aircraft operation

Os aeroclubes são uma das melhores formas de pilotos não profissionais realizarem mais horas de voo por forma a manterem proficiências, com acesso a múltiplas aeronaves e experiências diversificadas, tendo naturalmente esta solução um impacto financeiro acessível para a generalidade dos pilotos.

No entanto, a utilização partilhada das aeronaves no âmbito destas organizações tem sempre de ter presente que as ações de cada utilizador podem condicionar a segurança da aeronave para os utilizadores que se lhe sigam.

Assim, o estabelecimento de regras e o cumprimento escrupuloso das mesmas são a

Aeroclubs are one of the best ways for non-professional pilots to perform more flight hours in order to maintain proficiencies, with access to multiple aircraft and diverse experiences, with the solution naturally having an affordable financial impact for most pilots.

However, the shared use of aircraft within the scope of these organizations must always bear in mind that the actions of each user can affect the safety of the aircraft for users who follow it.

Thus, the rules establishment and consistent compliance with them are the basis of a

base deste tipo de coletividades cuja atividade lida com a vida dos seus associados, como são os aeroclubes.

A supervisão de tais regras e o respeito pelo bem partilhado nem sempre é entendido por todos, obrigando a medidas adicionais para além da boa vontade ou a absoluta dependência do reporte voluntário e honesto de ocorrências com as aeronaves partilhadas.

Para além das regras de conduta, geralmente os aeroclubes instituem regras de validação de competências entre pares ou verificação de proficiências por instrutores para que seja permitido o uso das aeronaves da coletividade. Contudo o controlo de atitudes ou comportamentos em voo depende totalmente do reporte do piloto envolvido, revelando uma importante fragilidade na avaliação do risco da condição das aeronaves.

Por outro lado, a coletividade recorrendo apenas às tradicionais ferramentas de controlo e reporte, terá dificuldade em monitorizar todos os voos, evitar uma incorreta utilização das aeronaves, promover boas práticas de voo entre os utilizadores e garantir a melhor condição das aeronaves.

Atualmente a tecnologia não requer *hardware* dispendioso, *software* altamente especializado ou um grupo de engenheiros e especialistas para gerir um sistema de monitorização de dados de voo (FDM).

A evolução tecnológica permitiu desenvolver soluções de monitorização de dados de voo portáteis, fazendo uso de um simples *smartphone*, soluções essas capazes de fornecer dados importantes para que as organizações de pilotos possam sustentar o seu processo de decisão relativamente à condição das suas aeronaves.

A solução de monitorização/aquisição de dados de voo (FDM/FDA), para além de obrigatória no transporte aéreo comercial, é uma ferramenta usada há já largos anos, com implicações diretas nos níveis de segurança operacional alcançados.

FDM/FDA, ou sistema de garantia de qualidade das operações, é um processo em que os dados de voo são coletados da operação para uma análise detalhada com o objetivo de otimizar

community whose activity deals with the lives of its members, such as Aeroclubs.

Such supervision rules and respect for the shared asset is not always understood by everyone, requiring additional measures beyond the goodwill or the absolute reliance on voluntary and honest shared aircraft occurrence reporting.

In addition to the rules of conduct, aeroclubs generally establish rules for competences assessment between peers or proficiency checks by flight instructors so that the use of shared aircraft is allowed. However, the control of attitudes or behaviour in flight depends entirely on the report of the pilot involved, revealing an important weakness in the aircraft condition risk assessment.

On the other hand, the community using only the traditional control and reporting tools, will have difficulty in monitoring all flights, avoiding the misuse use of aircraft, promoting good flight practices among users and ensuring the best aircraft condition.

Nowadays technology does not require expensive hardware, highly specialized software or a host of engineers and experts to manage a flight data monitoring (FDM) programme.

Technological developments have enabled the development of portable flight data monitoring solutions, using a simple smartphone, solutions that can provide important data so that pilots' organizations can support their decision-making process regarding the condition of their aircraft.

The flight data monitoring/acquisition (FDM/FDA) solution, not only mandatory in commercial air transport, is a tool used for many years, with direct implications for on the achieved safety levels.

FDM, also commonly known as Flight Operations Quality Assurance (FOQA) or Flight Data Analysis (FDA), is a programme in which flight data is gathered and analysed, with the goal of

procedimentos e incrementar a segurança operacional, num ambiente não punitivo.

improving operating procedures and safety in a non-punitive environment.

2.5. Riscos operacionais do sistema de recuperação por paraquedas balístico (BPRS) || Ballistic parachute recovery system (BPRS) operational risks

Após a falha catastrófica da estrutura da semi-asa direita e respetiva projeção da mesma sobre a canóia e ocupantes, a aeronave terá iniciado um movimento de rotação no sentido horário, desorientando e projetando os ocupantes contra a estrutura interna do cockpit, impossibilitando qualquer ação destes sobre a aeronave, incluindo a ativação do paraquedas de recuperação balístico (BRPS).

After the right wing structure catastrophic failure and its projection to the canopy and occupants, the aircraft will have started a clockwise rotation movement, disorienting and projecting the occupants against the internal structure of the cockpit, making it impossible for them to act on the aircraft controls, including the activation of the ballistic recovery parachute (BRPS).

Durante a colisão com o solo e consequente desintegração da aeronave, o motor foguete do paraquedas foi ativado pela desintegração do mecanismo de ativação.

During the ground collision ground and the resulting aircraft disintegration, the parachute rocket engine was activated by the activation mechanism disintegration.

Na fase de socorro e prestação de auxílio às vítimas, o dispositivo pirotécnico do BRPS, embora perfeitamente visível (figura 14), não foi notado pelas equipas de primeira intervenção e autoridades e, como tal, não foram desencadeadas as necessárias medidas de segurança.

In the victims rescue and assistance phase, the BRPS pyrotechnic device, although perfectly visible (figure 14), was not noticed by the first responders' teams and authorities and, as such, the necessary safety measures were not triggered.

A crescente popularidade dos sistemas pirotécnicos na aviação desportiva aumentou a necessidade de treinar equipas de socorro no reconhecimento do sistema e no seu manuseamento seguro. Com base nos reportes dos elementos que participaram da operação de socorro, ficou evidente que o sistema BPRS não é suficientemente conhecido e a formação e treino são praticamente inexistentes.

The growing popularity of pyrotechnical systems in sport aviation has increased the need to proper training rescue teams' personnel in system recognition and safe handling. Based on the statements of those involved in the rescue operation, it became evident that BPRS system, are not sufficiently known and that training is essentially nonexistent.

A falha no reconhecimento dos dispositivos BRPS e ausência de treino das equipas de primeira intervenção é uma questão transversal, tendo recentemente ocorrido vários eventos em Espanha, Itália e Reino Unido que levaram as respetivas autoridades de investigação a efetuarem recomendações de segurança, sem consequências práticas, à ICAO e EASA. Tais recomendações tinham intenção da implementação de campanhas de sensibilização, informação e formação destinada às partes interessadas com relação com a aviação geral e equipas de emergência. Tais campanhas e

Failure to recognize BRPS devices and the lack of training of first responders teams is a crosswise issue, with several events recently taking place in Spain, Italy and the United Kingdom that have led the respective investigating authorities to make safety recommendations, without practical consequences, to ICAO and EASA.

Those recommendations focused in implementing awareness, information and training campaigns for interested parties regarding general aviation and emergency teams. Such campaigns and training sessions should aim

formações devem visar a existência, reconhecimento, precauções e desativação de paraquedas balísticos em caso de acidentes ou incidentes graves.

Em Portugal, a formação dos operacionais das equipas de primeira intervenção do corpo de Bombeiros está a cargo da Escola Nacional de Bombeiros cujo plano de formação nas suas várias vertentes está a cargo da Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC) conforme Decreto-Lei n.º 248/2012 de 21 de novembro, Artigo 20.º Instrução e formação.

Não estando diretamente relacionado com o evento, foi entendido ser relevante abordar neste capítulo informação de sinalização, devido ao risco a que os operacionais estiveram sujeitos nas operações de socorro. Embora a sinalização não esteja totalmente padronizada, serve como referência e alerta para a comunidade no reconhecimento da presença de tais dispositivos nas aeronaves.

for the presence, recognition, precautions and deactivation of ballistic parachutes in the event of accidents or serious incidents.

In Portugal, the first responder's staff training of the Fire Brigades is under the National Fire Brigade School, whose training plan in its several disciplines and aspects is approved by the National Emergency and Civil Protection Authority (ANEPC), following the Decree-Law 248/2012 of 21 November, Article 20 Education and training.

Not being directly related to the event, it was considered relevant to address signalling information in this chapter, due to the risk that operational personnel were subject to during rescue operations. Although the signalling is not fully standardized, it acts as a reference and alert for the community in recognizing the presence of such devices on aircraft.

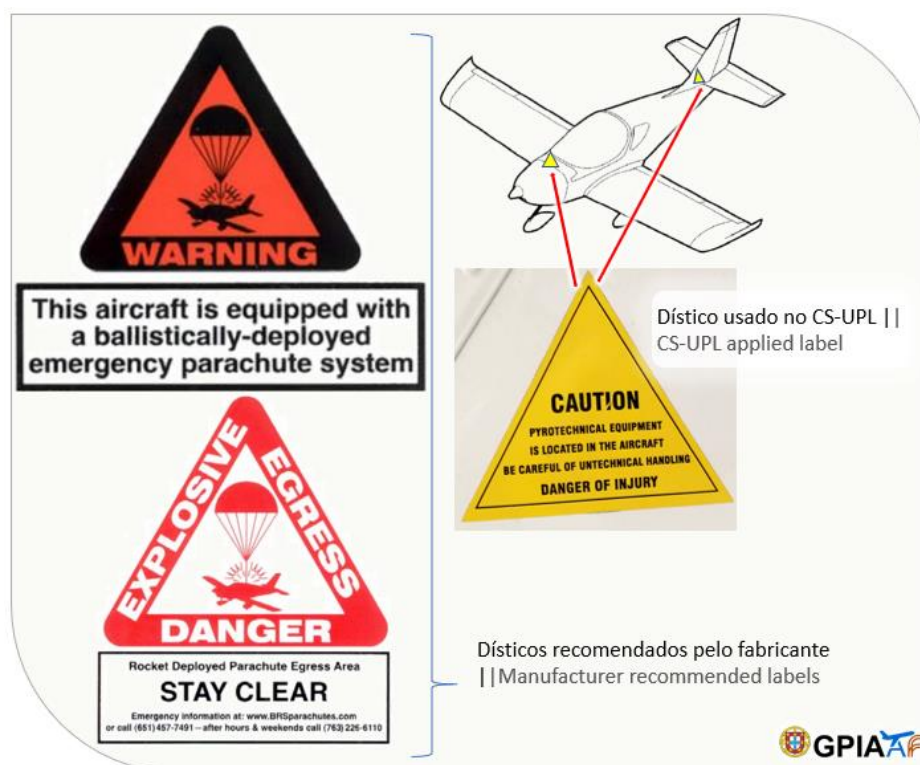


Figura 19 || Figure 19

Dísticos de aviso recomendados e configuração do CS-UPL || Warning labels recommended and the CS-UPL configuration

O fabricante do sistema, BRS, segue a norma ASTM F2316-12 e recomenda que sejam afixados nas aeronaves três dísticos de aviso por forma a

The system manufacturer, BRS, follows the ASTM F2316-12 requirements and recommends that three warning placards be attached to the aircraft

estarem sempre visíveis, independentemente da posição final da aeronave. Um autocolante laranja e preto de "Aviso Balístico" fixo na parte de trás da canóvia de cada lado da fuselagem e um dístico vermelho e cinza "Área Livre" junto ao painel de saída do paraquedas, conforme figura abaixo.

Uma das possíveis fontes de informação e material de treino para lidar com BPRS pode ser encontrada no sítio da FAA:

https://www.faa.gov/aircraft/gen_av/first_responders/media/mod4/mod4.htm

Como complemento, da mesma fonte, a FAA publicou um desdobrável para ajuda às equipas de primeira intervenção que se transcreve no apêndice 5.3.

airframe in such way that they must be visible, regardless of the aircraft's final position. An orange and black 'Ballistic Warning' placard attached aft of the canopy on each side of the fuselage and a red and grey 'Stay Clear' placard attached on the parachute egress panel, as shown in figure below.

One of the possible sources of information and training material for dealing with BPRS can be found on the FAA website:

https://www.faa.gov/aircraft/gen_av/first_responders/media/mod4/mod4.htm

In addition, from the same source, the FAA published a leaflet to help first responder teams, which is transcribed in Appendix 5.3.

3. CONCLUSÕES || CONCLUSIONS

3.1. Constatações da investigação || Investigation findings

1. O voo estava devidamente autorizado;
 2. O piloto e instrutor sentado à direita estava devidamente qualificado;
 3. Existe elevada probabilidade de o ocupante sentado à esquerda ter influenciado a condução do voo;
 4. Não há registo de qualquer problema operacional com a aeronave;
 5. O projeto e fabrico da aeronave não cumpriam com as especificações técnicas e padrões aplicáveis;
 6. O velocímetro da aeronave não cumpria com o normativo de informação visual à tripulação sobre os limites da velocidade a não exceder (Vne);
 7. A aeronave descolou com uma massa superior à massa máxima autorizada;
 8. A aeronave foi operada excedendo os limites de carga aerodinâmica por terem sido ultrapassados os limites máximos de velocidade induzindo sobrecargas estruturais;
 9. O piloto perdeu o controlo da aeronave após a falha da estrutura primária da semi-asa direita;
 10. O motor estava a produzir potência no momento da colisão com o solo;
 11. A aeronave estava equipada com um paraquedas balístico que não foi acionado pelos ocupantes em voo;
 12. Da colisão resultou a morte dos dois ocupantes e a destruição da aeronave.
1. The flight was duly authorized;
 2. The instructor pilot seated on the right was duly qualified;
 3. It is likely that the left seated person influenced the flight;
 4. No pre-existing operational problems with the aircraft were reported;
 5. The aircraft design and manufacture did not comply with the applicable technical specifications and standards;
 6. The aircraft airspeed indicator did not comply with the regulations for visual information to the crew regarding the never exceed speed (Vne) limits;
 7. The aircraft took off with a mass exceeding the maximum authorized mass;
 8. The aircraft was operated exceeding the aerodynamic load limits as a result of surpassing the never exceeding speed, inducing structural overloads;
 9. The pilot lost aircraft control due to a primary structural failure of the right wing;
 10. The engine was producing power at the moment of ground collision;
 11. The aircraft was equipped with a ballistic parachute that was not deployed by the occupants in flight;
 12. The collision caused the death of both occupants and aircraft destruction.

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

3.2.1. Causas mais prováveis || Most probable causes

A causa determinada para o acidente foi a falha catastrófica da estrutura primária da semi-asa direita, levando a uma falha de controlo da aeronave. A falência dos elementos constituintes da longarina da asa terá sido desencadeada pela provável operação da aeronave fora do seu envelope de voo.

The cause determined for the accident was the catastrophic failure of the primary structure of the right wing, leading to an aircraft loss of control. The failure of the wing spar constituent elements was due to the probable operation of the aircraft outside its flight envelope limits.

3.2.2. Fatores contributivos || Contributing factors

Contribuíram para o acidente:

- os parâmetros de projeto e construção de componentes da asa da aeronave não cumpriam com os padrões e normas internacionais de referência na indústria,
- a massa máxima da aeronave à descolagem superior ao valor autorizado,
- a falta de experiência e conhecimento do modelo da aeronave do ocupante sentado à esquerda, por não se poder excluir possíveis ações de pilotagem deste sobre a aeronave, nos momentos antecedentes à perda de controlo,
- assumindo tal cenário como mais provável, terá sido fator contributivo a complacência do piloto instrutor e responsável pelo voo ao permitir eventuais ações de pilotagem do ocupante sentado à esquerda com crescendo de confiança ao longo do voo, traduzido nas manobras realizadas,
- não se pode ainda excluir um possível contributo da incorreta marcação e configuração de indicação do limite de velocidade máximo da aeronave (Vne) no indicador de velocidade do ar.

Contributed to the accident:

- aircraft wing components design and manufacture parameters were not in compliance with the industry international standards and norms,
- the aircraft maximum take-off mass exceeding the authorized value,
- the lack of experience and knowledge on the aircraft model of the occupant seated on the left, who's possible piloting actions on the aircraft, in the moments prior to the loss of control cannot be excluded,
- assuming this likely scenario, the complacency of the instructor pilot, responsible for the flight, would have been a contributory factor by allowing possible piloting actions by the left seated occupant with growing confidence throughout the flight, reflected in the performed manoeuvres,
- It cannot be ruled out a possible contribution of incorrect setting and marking of the aircraft's never exceed speed limit (Vne) on the airspeed indicator.

4. RECOMENDAÇÕES || RECOMMENDATIONS

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

O destinatário de uma recomendação de segurança deve, no prazo de 90 dias, informar 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 recomendações emitidas para mitigar as questões de segurança operacional identificadas na investigação, devidamente enquadradas nas respetivas dimensões.

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 recommendations issued to address the safety issues identified in the investigation.

4.1. Formação das equipas de primeira intervenção || First responders training

Embora não sendo um fator com causas diretas no acidente, foi entendido como relevante e necessário colmatar as lacunas identificadas no processo de prestação de socorro ao acidente. Atendendo a que o dispositivo pirotécnico do BRPS não foi notado pelas equipas de primeira intervenção e autoridades, logo não sendo considerando o risco a ele associado, torna-se necessária a devida informação e formação dos operacionais.

A falha no reconhecimento dos dispositivos BRPS e os riscos envolvidos no manuseamento de sistemas pirotécnicos, cada vez mais presentes na aviação desportiva, justificam uma ação concertada de esclarecimento dos operacionais a nível nacional, à semelhança do que se vai fazendo em outros países. As formações iniciais e recorrentes devem visar a identificação de riscos, reconhecimento da sua condição, precauções na desativação dos sistemas pirotécnicos dos

Although not a factor with direct causes in the accident, it was considered relevant and necessary to fill the identified gaps in the emergency assistance process. Bearing in mind that the BRPS pyrotechnic device was not noticed by the first responders' teams and authorities, therefore the corresponding risk not being acknowledged, it becomes evident the need to provide adequate information and training to the operational staff.

The failure to recognize BRPS devices and the risks involved in the handling of pyrotechnic systems, which are increasing in the light sports aviation, justify a national level concerted action to clarify those teams, similarly to what is being done in other countries. Initial and recurrent training must aim the hazards identification, material condition assessment, precautions when deactivating the ballistic parachute

paraquedas balísticos em caso de acidentes ou incidentes graves com aeronaves.

pyrotechnic systems in the event of aircraft accidents or serious incidents.

À Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC),

Recomendação de Segurança PT.SIA 2021-02:

Recomenda-se que a ANEPC, dentro das suas competências e responsabilidades, tome as medidas necessárias para que o programa de formação e treino dos operacionais de primeira intervenção no socorro a aeronaves acidentadas inclua a identificação de perigos e o manuseamento e desativação de material pirotécnico presente nos sistemas de paraquedas balísticos das aeronaves.

To Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC),

Safety Recommendation PT.SIA 2021-02:

It is recommended that ANEPC, within its competences and responsibilities, takes the necessary actions to include in the training program for first responders personnel in the assistance of accidented aircraft the hazard identification, handling and deactivation of pyrotechnic material present in the aircraft parachute systems.

4.2. Observações adicionais || Additional comments

4.2.1. Enquadramento legal e regulamentar das aeronaves autorizadas a voar pela regulamentação nacional || Light sport aviation national legal and regulatory framework

O processo de investigação identificou um conjunto de fragilidades no projeto, certificação e operação da aeronave. Tais fragilidades devem ser analisadas e tratadas pela Autoridade Nacional de Aviação Civil, dentro das suas competências e responsabilidades.

Conforme já por várias vezes evidenciado em processos de investigação anteriores, a regulamentação nacional relativa à construção, operação e licenciamento de aeronaves ultraleves, pelos Decreto-Lei Nos. 238/2004 e 283/2007 com respetivo regulamento 164/2006, estão desajustados à atual realidade e necessidades da comunidade aeronáutica.

Tal enquadramento legal e técnico demonstra-se ineficaz, entre outras razões, por ausência de referências a padrões técnicos internacionais, resultando em situações como as constatadas na investigação.

Aspetos similares suscitaram já no passado a emissão pelo GPIAAF das recomendações de segurança números PT.SIA 2018-09, PT.SIA 2018-

The investigation process identified a set of weaknesses in the design, certification and operation of the aircraft. Such weaknesses must be analysed and addressed by the Civil Aviation National Authority within its competencies and responsibilities.

As repeatedly evidenced in previous investigation processes, the national regulations regarding ultralight (light sport) aircraft construction, operation and licensing, by Decree-Law No. 238/2004 and 283/2007 with regulation 164/2006, are outdated, not covering the aeronautical community needs.

Such a legal and technical framework proves to be ineffective, among other reasons, due to the absence of technical references to international standards, resulting in circumstances such as those found in the investigation.

For similar reasons in past investigations resulted in GPIAAF issuing safety recommendations numbers PT.SIA 2018-09, PT.SIA 2018-10 e PT.SIA

10 e PT.SIA 2018-11, dirigidas à ANAC, as quais se encontram abertas por ausência de resposta.

As conclusões da presente investigação mais uma vez reforçam a necessidade de revisão da referida legislação, que se vem mostrando ineficaz para impedir anomalias relevantes para a segurança dos utilizadores e de terceiros como as que vêm sendo constatadas em diversas investigações a acidentes e incidentes graves.

Em concreto, a CSA publicou em junho de 2012 a revisão 1 do Alerta de Segurança SA-SC-001 (apêndice 5.1) referindo não estarem reunidas as condições para assegurar a aeronavegabilidade das aeronaves listadas. Em abril de 2019, após ter sido alertada pelo evento com o CS-UPL, o mesmo fabricante informou proprietários e Autoridades que as aeronaves listadas ficassem imediatamente sem voar até realizarem uma inspeção completa e detalhada pela própria CSA às secções da longarina principal da asa, zona central e respetivas conexões relevantes.

As identificadas fragilidades na regulamentação Nacional do setor, permitiram uma revalidação do Certificado de voo da aeronave pela Autoridade, sem atentar aos referidos aspetos da documentação do fabricante, ou a necessária revisão do MOTM após instalação do paraquedas balístico dos 450 kg para os 472,5 kg, bem como a instalação e uso de um velocímetro com marcação incorreta.

Atendendo ao acima descrito, a autoridade de investigação de segurança determinou como não sendo eficaz a emissão de novas recomendações de segurança à ANAC sobre as questões de supervisão da atividade.

2018-11, still in open status without answer from ANAC.

The conclusions of the present investigation reinforce once again the need for revision of the referred legislation, which has been shown to be ineffective to prevent safety issues relevant for the users and third parties such as those that have been observed in several accidents and serious incidents investigations.

In particular, in June 2012, CSA published the revision 1 of Safety Alert SA-SC-001 (appendix 5.1), noting that the airworthiness conditions of the listed aircraft were not met. In April 2019, after being alerted by the CS-UPL event, the manufacturer informed owners and authorities that the listed aircraft should be immediately grounded until they performed a complete and detailed inspection (by the CSA) to the main wing spar section, central spar zone and its relevant attachments.

The identified weaknesses of the sector in the National regulation, allowed the aircraft's Flight Certificate renewal by the Authority, without paying attention to the referred aspects of the manufacturer's documentation, the mandatory MTOM revision after the BPRS installation from 450 kg to 472,5 kg or the ASI installation with incorrect labels.

Considering the above mentioned, the safety investigation authority determined that it was not effective to issue new safety recommendations to ANAC regarding the identified activity oversight.

4.2.2. Atitudes de invulnerabilidade | | Invulnerability attitudes

Voar em segurança não depende apenas da experiência ou habilidade do piloto. É necessária uma compreensão pelos pilotos das atitudes que podem influenciar as suas habilidades de julgamento e tomada de decisão para evitar resultados perigosos.

Como também já referido em eventos passados, operar uma aeronave sem a devida preparação e conhecimento da mesma e fora dos seus limites operacionais, com a realização de manobras

Safe flying depends on more than just a pilot's experience and ability. Pilots also need to be aware of the attitudes that may influence their judgment and decision-making abilities to avoid dangerous outcomes.

As mentioned in past accident reports, operating an aircraft without proper preparation and knowledge of it and outside its operational limits, by performing acrobatic manoeuvres not allowed

acrobáticas não previstas no manual, é elevar o risco a um patamar não controlável.

in the flight manual, is to raise the risk to an uncontrolled level.

4.2.3. Sistema de monitorização de dados de voo || Flight data monitoring system

Não sendo um fator diretamente envolvido no acidente, entende-se como relevante a necessidade de alertar a comunidade aeronáutica para a monitorização da condição das aeronaves operadas sob o princípio de partilha, seja em coletividades em regime de quotas ou aluguer, em âmbito particular ou até comercial através da venda de horas de voo a pilotos (*hour building*).

Not being a factor directly involved in the accident, it is considered relevant to alert the aeronautical community to the aircraft monitoring condition operated under the sharing principle, either in quota or rental rules, as non-commercial or commercial through the sale of flight hours to pilots (*hour building*).

Conforme demonstrado em 2.4, é importante que as aeronaves, em operação partilhada, disponham de um sistema de recolha de dados para suportar a avaliação da condição de aeronavegabilidade da aeronave para uma análise de risco consciente em cada momento, por todos os utilizadores e com uma perspetiva histórica.

As demonstrated in 2.4, it is important that aircraft, in shared operation, have a data collection system to support the assessment of the aircraft's airworthiness condition on a permanent and conscious risk analysis, available to all intervening and the stored data can be used in a historical perspective.

Um bom exemplo das vantagens do uso da tecnologia é o GPS instalado a bordo da aeronave acidentada, que apesar do exaustivo trabalho de recolha e análise de dados, permitiu extrair factos importantes da condução do voo do acidente. Tal dispositivo não será naturalmente solução como fonte de dados para um programa FDM, contudo demonstra que a tecnologia está disponível, caberá às organizações o necessário empenho e algum investimento com consequências diretas no aumento da segurança operacional.

A good example of the advantage of using technology is the GPS onboard the crashed aircraft, which despite the exhaustive work on data collection and analysis, allowed to extract important facts on the conduct of the accident flight. Such device will not be a solution for the FDM program data source, however it demonstrates that the technology is already available and that it is up to the organizations to make the necessary commitment and some investment with direct consequences on safety.

Dispositivos como uma simples câmara de vídeo a bordo registando dados relevantes de instrumentos no painel da aeronave ou dispositivos portáteis de gravação de dados de voo, são soluções tecnológicas atualmente disponíveis no mercado com custos irrisórios. Estão disponíveis no mercado aplicativos⁶ para *smartphones*, ferramentas úteis para que as organizações, independentemente do seu fim ou dimensão, tenham uma atitude proativa de avaliação de risco das suas aeronaves com controlo dos parâmetros de voo como velocidades, altitudes, acelerações, caminho percorrido, regimes de motor, etc.

Devices such as a simple on-board video camera recording relevant instrument data on the aircraft's dashboard or portable flight data recording devices, are technological solutions currently available on the market with minimal costs.

Smartphone applications⁶ are available on the market with useful tools for organizations, regardless of their purpose or size, to have a proactive attitude on risk assessment of their aircraft with control of flight parameters such as speeds, altitudes, accelerations, flight path, engine settings, etc.

⁶Apenas como referência || As reference only: www.aviaze.com ; <https://foreflight.com/europe/> ; www.cloudahoy.com

Desta forma, seria útil uma avaliação para a introdução de um sistema de controlo e monitorização de dados de voo na operação do Aero Clube de Bragança como base para uma análise cuidada da gestão do risco da operação das suas aeronaves em regime de partilha, tomando as ações que decorram dessa avaliação.

De igual forma, as restantes coletividades com propósitos e atividade semelhante, devem também avaliar a possibilidade de introdução de tais dispositivos tecnológicos, disponíveis no mercado, como elementos de recolha de dados para o necessário tratamento dentro das respetivas organizações.

A comunidade aeronáutica deve reconhecer a importância do seu papel na redução de acidentes. Contudo, cabe aos pilotos o papel crítico e fundamental, tendo a oportunidade e responsabilidade última sobre estes acidentes evitáveis se adotadas medidas e posturas na sua formação e treino, proficiência, autoavaliação, uso de tecnologias disponíveis e uma consciência situacional ativa no cockpit.

Thus, it would be useful that the operator Aero Clube de Bragança evaluate the introduction of a flight data control and monitoring system in its operation as a basis for a careful analysis of the risk management of the shared basis aircraft operation, taking the applicable actions from that assessment.

Likewise, the remaining organizations with similar purposes and activity, should also assess the possibility of introducing such technical devices, available on the market, as data collection devices for the necessary data analysing within their organizations.

Aeronautical community should recognize the importance of their roles in accidents reduction. However, individual pilots play the most critical and fundamental role; they have both the ultimate responsibility and the ultimate opportunity to reduce these needless accidents if proper measures and attitudes are adopted through ongoing education, flight currency, self-assessment, use of available technologies and a vigilant situational awareness in the cockpit.

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 ratified 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. APENDICES || APPENDIXES

5.1. Renúncia de responsabilidades || Waiver of responsibility

Czech Sport Aircraft, a.s.	SAFETY ALERT / SAFETY DIRECTIVE	Czech Sport Aircraft, a.s. Na Záhonech 1177/212, 688 04 Kunovice Czech Republic office@czechsportaircraft.com
No. SA-SC-001		Rev.: 1
Date: 2011/06/30		Date: 2012/06/12
Page: 1 of 1		

MODEL AFFECTED:	SportCruiser
SUBJECT:	Waiver of responsibility
AIRCRAFT AFFECTED:	S/N 06SC001, 06SC002, 06SC003, 06SC004, 06SC005, 06SC006, 06SC009, 06SC017, 06SC020, 06SC041
COMPLIANCE:	After receipt of this SA.

DESCRIPTION:

The Czech Sport Aircraft a.s. company, an assignee of the CZECH AIRCRAFT WORKS, spol. s r. o. company, hereby waives the responsibility for continued airworthiness of following CZECH AIRCRAFT WORKS, spol. s r. o. SportCruiser aircraft:

06SC001
06SC002
06SC003
06SC004
06SC005
06SC006
06SC009
06SC017
06SC020
06SC041

REASONS:


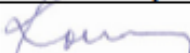
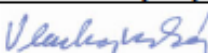
The CZECH AIRCRAFT WORKS, spol. s r. o. company declared the above-mentioned aircraft as complying with ASTM regulations for the LSA category of aircraft.

Nevertheless, no substantiation data regarding this statement were handed over by the CZECH AIRCRAFT WORKS, spol. s r. o. company to the Czech Sport Aircraft a.s. company.

Thus the Czech Sport Aircraft a.s. company has no data available for assurance of continued airworthiness of the above-mentioned products and cannot bear the responsibility for it.

APPROVAL:

This SA was approved by:

Title	Compliance Verification Engineer	Head of the Design Organisation	Airworthiness Manager	EASA (if applicable)
Name	Tomáš Maršálek	Jiří Konečný	Josef Vlachynský	N/A
Hand written signature				N/A

 CRUISER AIRCRAFT	<h1>SAFETY ALERT</h1>	Czech Aircraft Group, a.s. Na Záhonech 1177/212, 686 04 Kunovice Czech Republic www.cruiseraircraft.cz info@cruiseraircraft.cz	
		No. SA-SC-014	Rev.: -
		Date: 2020/12/14 Page: 1 of 1	Date: -

MODEL AFFECTED:	SportCruiser
SUBJECT:	Safety Concerns about 9 Aircraft produced by CZAW
AIRCRAFT AFFECTED:	S/N 06SC001, 06SC002, 06SC003, 06SC004, 06SC005, 06SC006, 06SC009, 06SC017, 06SC020
COMPLIANCE:	Immediately After receipt of this SA.

DESCRIPTION:

Czech Aircraft Group s.r.o., as the current producer of SportCruiser aircraft, recommends to cease all further operation of the following aircraft serial numbers (the "Aircraft"), due to significant safety concerns.

- 06SC001
- 06SC002
- 06SC003
- 06SC004
- 06SC005
- 06SC006
- 06SC009
- 06SC017
- 06SC020

REASONS:



CZECH AIRCRAFT WORKS, spol. s r.o., who was the original producer of these Aircraft, declared them as complying with ASTM regulations for the LSA category of aircraft.

Nevertheless, no substantiation of data or further proof, regarding such declarations, was archived by CZECH AIRCRAFT WORKS, spol. s r.o. and therefore is not known and not available to Czech Aircraft Group s.r.o. There is no data available for the Aircraft explaining the capability of the main wing spar and center wing section to carry the loads defined by regulations, and which might be expected during the operation of Light Sport Aircraft with Maximum Take Off Weight of 600kgs/1320lbs.

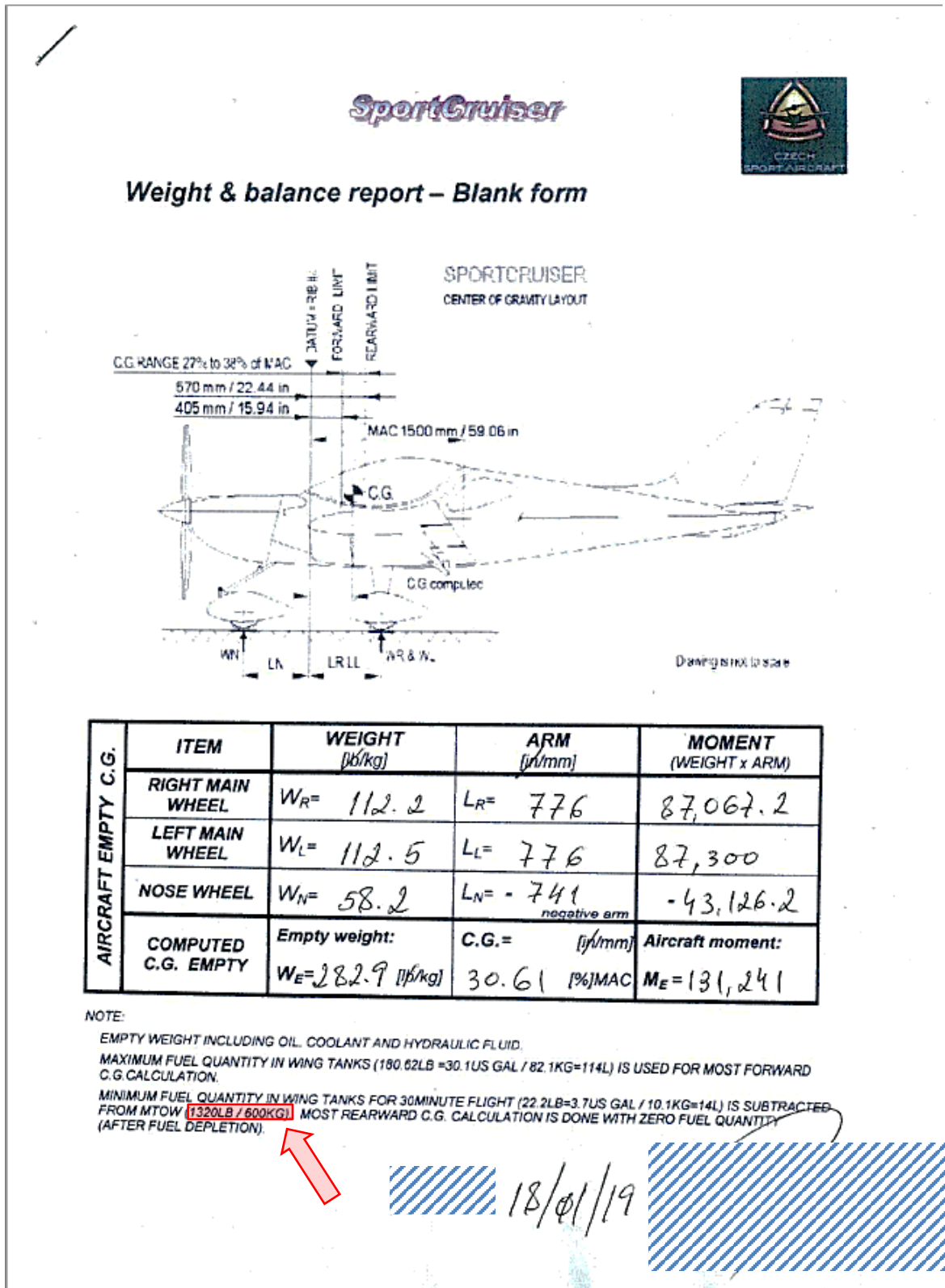
Czech Aircraft Group s.r.o.'s Design Organization has no data available for the assurance of continued airworthiness for these Aircraft, has major concern about the safe operation of the Aircraft, and recommends to cease all further operation of the Aircraft due to significant safety concerns.

APPROVAL:

This SA was approved by:

Title	Head of Design Organization	Airworthiness Manager
Name	Jiří Sklenář	Jiří Sklenář
Hand written signature		

5.2. Cálculo de massa básica e centragem || Basic weight and balance report



5.3. Alerta de segurança sobre BRPS para as equipas de primeira intervenção envolvidas em acidentes com aeronaves || Safety alert on BRPS for aircraft accident first responders

A CHECKLIST FOR IDENTIFYING AIRCRAFT WITH BALLISTIC PARACHUTES

- ✓ Currently ballistic parachutes will probably only be found on "single engine" piston powered airplanes, and some glider/sailplanes
- ✓ They may be retrofitted on Cessna 150, 152 and 172 models
- ✓ They are found as standard equipment on the Cirrus SR-20 & SR-22 aircraft
- ✓ They may be found on numerous "EXPERIMENTAL" or amateur built aircraft
- ✓ They are often found on ultralight/hang gliders

WHAT DO WE DO IF WE HAVE A BALLISTIC PARACHUTE EQUIPPED AIRCRAFT INVOLVED IN AN ACCIDENT/INCIDENT?

First, attempt to locate the parachute container /launch tube and note what direction it is pointed. Keep personnel out of its path.

During extraction use caution when moving any parts of the wreckage. After an accident, putting stress on the activating housing could cause the rocket to fire.

It would be best to have the rocket disarmed by a bomb squad/explosive ordnance disposal team.

BRS Inc. provides technical support for their products at

BRS Inc.
300 Airport Rd.
South St. Paul, MN 55075
Phone (651) 457-7491
FAX (651) 457-8651
<http://brsparachutes.com/>

For additional copies of this brochure or questions about FAA accident investigation procedures, contact:

Max R. Schmitter
Robert T. Martens
Peter L. Lindberg
Windsor Locks, CT Flight Standards District Office
(860) 654-1000

William M. Stevens
Mary P. Gabriel
Boston, MA Flight Standards District Office
(781) 274-7130

John F. Wood
David M. Pepple
Portland, ME Flight Standards District Office
(207)-780-3263

Or on the Web at:
<http://www.faa.gov/region/ase/flightstandards/safety.cfm>

This information does not represent an endorsement by the FAA of any particular product or company language. The information provided is for reference only and is reprinted with permission of BRS, Inc.



Cirrus SR-22



Cessna 150



Typical Ultralight



SAFETY ALERT

For

Aircraft Accident First Responders





Fire
Police
EMS
Rescue
Personnel

Prepared By
Department of Transportation
Federal Aviation Administration
New England Region
Flight Standards Division




Recent emerging technologies have allowed the development of many new safety devices for civilian general aviation aircraft. One new safety device found on these aircraft are **Rocket-Deployed Parachutes** also known as **Ballistic Parachutes**.

Designed to be used by the pilot in the event of an emergency, this device deploys a parachute large enough to bring down the entire aircraft and its occupants safely.



SAFETY ALERT

If for any reason the pilot does not or is not able to deploy these devices, rescue personnel could be faced with an **armed rocket powered device** in an aircraft involved in an accident or incident.

Additionally, depending on the severity of the accident, parts of the aircraft may not be in their original condition or orientation. Consequently, movement of any wreckage during rescue operations could conceivably activate the rocket.

These one and a half inch in diameter 10 inch long rockets will burn for only one second, but accelerate to over 100 mph in the first tenth of a second after ignition. The potential for injury from these efficient little rockets is significant.

HOW THE SYSTEM WORKS

A red firing handle should be located close to the pilot (normally left front seat). It is connected to an activating housing, an armored yet flexible shaft (similar to a large bicycle brake cable) that links the firing handle to the parachute container/launch tube (rocket motor) itself. The parachute container and rocket motor are usually mounted together, often on top of the aircraft. However, there are a number of mounting options, including the lower side of the fuselage where the parachute container/rocket motor may not be visible from the outside.



BRS Handles



BRS Housings



Parachute Containers/Launch Tubes

WHAT AIRCRAFT HAVE THESE DEVICES?

Originally developed for Ultra-light/Hang Gliding aircraft, a number of companies have marketed these devices for them.

Subsequently, BRS Inc. (St. Paul, MN) has produced a retrofit system for a number of Cessna single engine aircraft. Additionally, in 1998 the Cirrus SR-20 and SR-22 (both are four place single engine aircraft) were certified by the FAA and required to have the BRS system installed as part of its certification.

HOW DO WE KNOW IF AN AIRCRAFT HAS A BALLISTIC PARACHUTE?

The best source of information should be the pilot. If the pilot is not available, then rescue personnel may have to rely on their own observations to determine if the aircraft is equipped with one of these devices.

Certainly, the presence of any of the system components pictured will be evidence of an installed system.

However, most aircraft have controls or handles that are red in color. They include carburetor fuel/air mixture controls, fuel tank selectors, emergency landing gear handles to name a few. Any red handle should be examined for labels or placards.

Additionally, there are a number of cables that connect to various flight controls in the aircraft. They may have a similar appearance to the activating housings pictured. These cables may become visible depending on the amount of damage sustained during the accident sequence.

Finally, there may be placards or labels on the aircraft indicating the installation of a ballistic system and any access points for that system. Since BRS Inc. is a very popular system, their logo may also be seen.



5.4. Estudo das cargas estruturais na asa DCA || DCA study of wing structural loads

O Departamento de Ciência Aeroespaciais - DCA da Universidade da Beira Interior efetuou um estudo sobre a estimativa de cargas de rutura da asa da aeronave acidentada. O estudo, resumido no anexo 5.4, assumiu que a distribuição de sustentação ao longo da envergadura da asa é elítica:

$$w = \frac{4mgn}{\pi b} \sqrt{1 - \eta^2}$$

onde m é a massa da aeronave, g é a aceleração gravítica, n é o fator de carga, b é a envergadura da asa e $\eta = 2y/b$, em que y é a posição desde o plano de simetria da aeronave na direção da ponta da asa direita. O momento fletor numa posição η_0 arbitrária provocado por uma força infinitesimal numa posição η arbitrária é dado por:

$$dM = \frac{mgnb}{\pi} (\eta - \eta_0) \sqrt{1 - \eta^2} d\eta$$

O momento fletor total na posição η fica:

$$M_0 = \frac{mgnb}{\pi} \int_{\eta_0}^1 (\eta - \eta_0) \sqrt{1 - \eta^2} d\eta$$

Resolvendo esta equação com $b=8,2$ m, considerando que a ponta da asa é retangular, com $g = 9,8065$ m/s², e $y_0=0,57$ m ($\eta_0=2y_0/b=0,139$) fica-se com o momento fletor na raiz da asa (ligação asa-fuselagem) em função da massa e do fator de carga:

$$M_0 = 6,56mn$$

The University of Beira Interior Department of Aerospace Science -DCA, carried out a study on the estimation of the failure loads involved of the crashed aircraft's wing. The study, summarized on appendix 5.4, assumed an elliptical lift distribution along the aircraft wingspan:

$$w = \frac{4mgn}{\pi b} \sqrt{1 - \eta^2}$$

where m is the mass of the aircraft, g is the gravitational acceleration, n is the load factor, b is the wing span and $\eta=2y/b$, where y is the position from the plane of symmetry of the aircraft in the direction of right wing tip. The bending moment in an arbitrary η_0 position caused by an infinitesimal force in an arbitrary η position is given by:

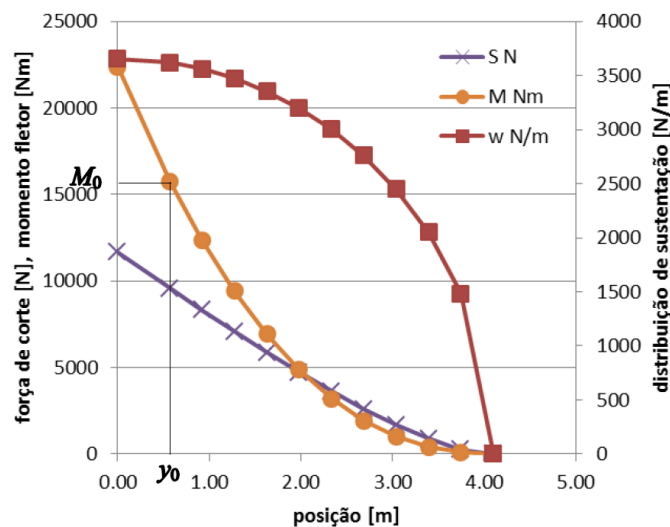
$$dM = \frac{mgnb}{\pi} (\eta - \eta_0) \sqrt{1 - \eta^2} d\eta$$

The total bending moment at position η is:

$$M_0 = \frac{mgnb}{\pi} \int_{\eta_0}^1 (\eta - \eta_0) \sqrt{1 - \eta^2} d\eta$$

Solving this equation with $b=8.2$ m, considering that the wing tip is rectangular, with $g = 9.8065$ m/s², and $y_0=0.57$ m ($\eta_0 = 2y_0/b=0.139$) we get the bending moment at the wing root (wing to fuselage attachment) as a function of mass and the load factor:

$$M_0 = 6,56mn$$



A sequência de fatores de carga necessários para ocorrer uma falha num ponto da secção da longarina na zona de fixação à fuselagem para as duas massas de 580 e 600 kg considerando as partes que sofreram falha (tração ou compressão) na sequência anterior têm a sua resistência reduzida para a falha seguinte.

Tendo em conta a concentração de tensão em redor dos furos que se encontram à tração, obtém-se uma tensão local aumentada com a seguinte forma:

$$\sigma_{max} = \sigma K_t \frac{W}{W - D}$$

Onde σ é a tensão sem a presença do furo, W é a altura da mesa, D é o diâmetro do furo e K_t é o fator de concentração de tensão dado pela expressão empírica:

$$K_t = 3 - 3,15 \left(\frac{D}{W}\right) + 3,667 \left(\frac{D}{W}\right)^2 - 1,527 \left(\frac{D}{W}\right)^3$$

Neste caso $D=8$ mm e $W=38$ mm, logo $D/W=0,21$ e $K_t=2,487$. Assim, tem-se:

$$\sigma_{max} = 3,148\sigma$$

o que indica que a tensão máxima em redor do furo é 3,15 vezes superior à tensão existente caso não existissem os furos.

A distância vertical entre os furos das mesas superiores e os das mesas inferiores é $h=172$ mm, logo a força, F , suportada pelas mesas é o momento fletor, M_0 , a dividir por essa distância ($F=M_0/h$). A área das duas mesas inferiores (sem a presença dos furos) é $A=478,8$ mm². Sabendo que $\sigma=F/A$ e $M_0 = 6,56mn$ obtêm-se as tensões em MPa seguintes:

$$\sigma = 0,0797mn$$

$$\sigma_{med} = 0.101mn$$

$$\sigma_{max} = 0.251mn$$

onde σ_{med} é a tensão de tração média na secção transversal com furos e σ_{max} é a tensão máxima na mesma secção junto aos furos.

The sequence of load factors necessary for a failure at a specific in the wing spar fuselage attachment area for the two weights of 580 and 600 kg considering the parts that suffered failure (tensile or compression) in the previous sequence have their strength reduced for the next failure.

Taking into account the tensile stress concentration around the holes, an increased local tension is obtained in the following way:

$$\sigma_{max} = \sigma K_t \frac{W}{W - D}$$

Where σ is the stress without the presence of the hole, W is the height of the spar cap, D is the diameter of the hole and K_t is the stress concentration factor given by the empirical expression:

$$K_t = 3 - 3,15 \left(\frac{D}{W}\right) + 3,667 \left(\frac{D}{W}\right)^2 - 1,527 \left(\frac{D}{W}\right)^3$$

In this case $D = 8$ mm and $W=38$ mm, then $D/W=0.21$ and $K_t=2.487$. Thus, we have:

$$\sigma_{max} = 3,148\sigma$$

which indicates that the maximum stress around the hole is 3.15 times higher than the existing stress if the holes did not exist.

The vertical distance between the holes in the upper spar caps and those in the lower spar caps is $h=172$ mm, so the force, F , supported by the caps is the bending moment, M_0 , to be divided by that distance ($F=M_0/h$). The area of the two lower spar caps (without the presence of holes) is $A=478.8$ mm². Knowing that $\sigma=F/A$ and $M_0=6.56mn$, the following stresses in MPa are obtained:

$$\sigma = 0,0797mn$$

$$\sigma_{med} = 0.101mn$$

$$\sigma_{max} = 0.251mn$$

where σ_{med} is the average tension stress in the cross section with holes and σ_{max} is the maximum stress in the same section next to the holes.



Figura A– Detalhe da zona fraturada da mesa inferior traseira da longarina (vista de baixo).



Figura B – Detalhe da zona fraturada da mesa inferior traseira da longarina (vista de trás).



Figura C – Detalhe da zona fraturada da mesa inferior dianteira da longarina (vista de frente e de baixo).

5.5. Comentários da ANAC ao projeto de relatório || ANAC comments to draft report

Nota preliminar do GPIAAF:

É apresentado neste anexo os comentários formulados pela ANAC ao projeto de relatório, que não foram aceites ou parcialmente aceites pela investigação e integrados no relatório final.

Os comentários fornecidos pela ANAC, em língua portuguesa, não foram traduzidos para inglês evitando eventual inadvertida alteração do conteúdo apresentado.

Os comentários são apresentados sem quaisquer alterações, exceto no que concerne à remoção de eventuais nomes de pessoas mencionadas.

Preliminary GPIAAF Note:

This Appendix presents ANAC comments to the draft report that were not adopted or partially adopted by the investigation and integrated in the final report.

The comments from ANAC, supplied only in Portuguese were not translated to English avoiding any undue and involuntary change of the desired intent.

The comments are transcribed without editorial alterations, except for the removal of any names of mentioned persons.

No projeto de relatório, sob o título «*Supervisão da aviação ligeira*» é mencionado, a págs. 51 que «*O processo de investigação identificou um conjunto de fragilidades no projeto, certificação e operação da aeronave. Tais fragilidades devem ser analisadas e tratadas pela Autoridade Nacional de Aviação Civil, dentro das suas competências e responsabilidades.*».

Importa esclarecer que, de acordo com os Estatutos desta Autoridade, aprovados e em anexo ao Decreto-Lei n.º 40/2015, de 16 de março, a ANAC não tem competências relacionadas com o projeto ou com a certificação da aeronave envolvida no acidente objeto do presente projeto de relatório.

O projeto e a certificação deste tipo de aeronaves ultraleves, identificadas no Anexo I ao Regulamento (UE) 2018/1139, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de julho de 2018, é da competência, respetivamente, do fabricante e do Estado de fabrico da mesma.

Tem, assim, esta Autoridade somente competências no que à operação deste tipo de aeronaves diz respeito.

Solicita-se, desta forma, que esse Gabinete reformule o acima identificado parágrafo no sentido de do mesmo só constar as competências que estatutariamente lhe estão atribuídas, ou seja, as relativas à operação da aeronave.

Faz-se constar a págs. 52 do projeto de relatório que «*Em abril de 2019, após ter sido alertada pelo evento com CS-UPL, o mesmo fabricante informou proprietários e Autoridades que as aeronaves listadas ficassem imediatamente sem voar até realizarem uma inspeção completa e detalhada pela própria CSA às secções da longarina principal da asa, zona central e respetivas conexões relevantes.*».

Relativamente ao parágrafo anterior, constata-se que desde 2019, e até à presente data, não existe no registo aeronáutico nacional nenhuma aeronave listada na SA-SC-001 de 2012.

Quando alegadamente o fabricante em 2019 informa os proprietários e as Autoridades da necessidade de aquelas aeronaves não poderem operar sem a realização prévia da mencionada inspeção, esta Autoridade não tinha no seu Registo nenhuma que se encontrasse naquelas condições, pelo que não tinha de tomar quaisquer medidas relativamente às mesmas.

Por outro lado, sempre se diga que a *Safety Alert / Safety Directive* emitida em 2012 não determina a obrigatoriedade de as Autoridades ou os proprietários tomarem quaisquer medidas relativamente a este tipo de aeronaves ou à sua operação.

De facto, o fabricante limita-se a referir que não se responsabiliza pela aeronavegabilidade das aeronaves cujo S/N se encontra identificado.

Ainda na página 52, o GPIAAF refere que «*As identificadas fragilidades na regulamentação Nacional do setor, permitiram uma revalidação do Certificado de voo da aeronave pela Autoridade, sem atentar aos referidos aspetos da documentação do fabricante, a instalação de um velocímetro com marcação incorreta ou a necessária revisão do MOTM após instalação do paraquedas balístico dos 450 kg para os 472,5 kg*».

Relativamente a esta afirmação, cumpre esclarecer que quando a aeronave foi inspecionada por esta Autoridade, em outubro de 2017, o velocímetro instalado não é o indicado no projeto de relatório do GPIAAF. Infere-se, assim, que foram alteradas as características técnicas da aeronave, sem conhecimento ou prévia autorização desta Autoridade, conforme melhor resulta da documentação constante do processo de revalidação e, conseqüente, emissão do certificado de voo em 2017.

Assim, deve o terceiro paragrafo da página 52 do relatório ser removido.

O Certificado de Voo foi emitido em estrito cumprimento da regulamentação nacional aplicável. Ainda que esta regulamentação esteja, na alegação desse Gabinete, desatualizada será relativamente aos aspetos técnicos e não quanto à revalidação daquele Certificado.

Por outro lado, a ANAC ao emitir aquele Certificado teve presente as indicações e a documentação do fabricante da aeronave acidentada e, em 2017, o velocímetro instalado não era o identificado no projeto de relatório, como melhor resulta da documentação existente nesta Autoridade relacionada com o processo de revalidação do Certificado de Voo, e que poderá ser disponibilizada a esse Gabinete caso seja entendido útil.

Já no que ao paraquedas balístico diz respeito estava o mesmo instalado desde a construção da aeronave, pois o seu fabricante identifica-o na fatura emitida (a disponibilizar caso seja julgado pertinente).

A massa da aeronave, com o paraquedas balístico instalado, era de 284,80 kg, tendo presente o Boletim de Massa e Centragem apresentado pelo proprietário da aeronave em 2017. Ou seja, muito aquém da massa máxima da aeronave.

Considerando que a MTOM é, de acordo com o fabricante, de 450 kg, cabe ao proprietário ajustar a operação da aeronave à massa máxima da mesma.

Só se pode, assim, concluir que o Certificado de Voo foi emitido de acordo com a regulamentação aplicável e com a documentação do fabricante da aeronave.

Deve, pois, pelos aduzidos motivos, o terceiro paragrafo da página 52 do projeto de relatório ser eliminado, pois não reflete os factos resultantes da documentação existente nesta Autoridade em 2017.

Quanto à referida «*necessária revisão do MTOM após instalação do paraquedas balístico dos 450 kg para os 472,5 kg*», os registos existentes na ANAC, demonstram que o certificado de voo foi emitido conforme a documentação providenciada pelo fabricante que incluía o para-quedas balístico.

Em 2007 o fabricante Czech Aircraft Works (CZAW), entregou a esta Autoridade, um Data Sheet do SportCruiserUL, onde consta o MTOW de 450 kg e um peso em vazio de 285 kg, pelo que o Certificado de Voo não poderia ter um MOTM superior ao declarado pelo fabricante.

Adicionalmente não se percebe, como referido no parágrafo 1.6.3 «Massa e centragem», como no projeto do relatório se começa por indicar, por estimativa, a massa da aeronave em 580 kg, para depois, já no parágrafo n.º 7 do Ponto 3.1. «Constatações da investigação», se afirmar perentoriamente que os 580 kg é a massa da aeronave, sem qualquer base documental ou outra.

Não se pode, assim, concluir no projeto de relatório que a massa da aeronave acidentada era superior à constante do Certificado de Voo e que foi um fator contributivo do acidente.

Desta forma, do projeto de relatório deve somente constar que a massa da aeronave é, de acordo com o Certificado de Voo da mesma, de 450 kg e que se presume que terá sido ultrapassada atendendo ao peso do combustível e dos dois passageiros.

Comentários da investigação à posição da ANAC acima transcrita:

Com vista a assegurar transparência sobre o processo de investigação em relação às partes envolvidas e ao público em geral, por solicitação da ANAC e igualmente seguindo as normas e recomendações internacionais, ainda que não obrigatórias, a investigação decidiu incluir neste relatório os seus comentários e posição.

Não sendo requerida qualquer resposta formal aos comentários recebidos, são, ainda assim, apresentadas algumas notas para elucidação do leitor quanto às razões pelas quais a investigação, no uso das suas competências, entendeu não aceitar no corpo do relatório final as observações acima transcritas.

Investigation comments to ANAC position expressed above:

To ensure transparency over the investigation process to the involved parties and to the public, following ANAC's request and also the applicable international regulations, even if not mandatory, the investigation decided to include in this report ANAC's position and comments.

No formal reply is required to the received comments, however a few notes are presented below for reader clarification on the reasons why the investigation did not consider the above transcribed remarks in to the final report.

Enquadramento legal e regulamentar do regime de supervisão das aeronaves autorizadas a voar pela regulamentação nacional:

Importa começar por referir que no que respeita ao mencionado título “Supervisão da aviação ligeira” constante no projeto de relatório mencionado no comentário da ANAC, a investigação entendeu alterá-lo para “Enquadramento legal e regulamentar das aeronaves autorizadas a voar pela regulamentação nacional” de forma a melhor refletir o objeto do seu conteúdo.

A aeronave acidentada foi sujeita a um processo de autorização de voo em Portugal, vulgarmente apelidado de certificação, sob responsabilidade da Autoridade nacional conforme a alínea o) do n.º 3 do art.º 4.º dos estatutos da ANAC (Decreto-Lei n.º 40/2015).

Atendendo à legislação em vigor, por atualização do regulamento base, as aeronaves em que se inclui aquela envolvida no acidente são presentemente tratadas no anexo I do Regulamento (UE) n.º 2018/1139 relativo a regras comuns no domínio da aviação civil e que cria a Agência Europeia para a Segurança da Aviação.

Este regulamento base, por força do seu artigo 2.º, ponto 3, exclui do seu âmbito de aplicação as aeronaves caracterizadas no referido anexo I, o que dá fundamentação à atribuição constante da alínea o) dos Estatutos da ANAC.

Não são do conhecimento desta Autoridade de investigação, por não estarem publicadas, as intenções do Estado Português relativamente à adoção completa ou parcial do previsto no artigo 2(8) do mencionado Regulamento (UE) n.º 2018/1139, ficando assim claro, tanto quanto decorre da legislação, que este tipo de aeronave estava, à data do acidente, apenas sujeito à regulamentação nacional, independentemente de qualquer processo de autorização a que tenha sido sujeita noutro país.

Tais aeronaves só podem operar após satisfeitos os requisitos nacionais de projeto, construção e licenciamento para voo previstos no Regulamento n.º 164/2006 da ANAC, relativo à construção, certificação e operação de aeronaves ultraleves enquanto suporte técnico

Aircraft permit to flight under national regulation oversight process:

It is important to mention that regarding the aforementioned title “Light sport aviation oversight” contained in the draft report mentioned by ANAC in its comments, the investigation decided to rephrase it to “Light sport aviation national legal and regulatory framework” for better reflect the object of its content.

The crashed aircraft was under a national flight authorization process, commonly called certification, process under the responsibility of the National Authority, in accordance with paragraph o) n.º 3 of article 4 of ANAC's statutes (Decree-Law no. 40/2015).

In view of the legislation in force, by updating the basic regulation, the accident aircraft are presently covered in Annex I of Regulation (EU) No. 2018/1139 on common rules in the field of civil aviation and establish the European Aviation Safety Agency.

This basic regulation under its article 2, point 3 does not apply to aircraft listed in annex I, which justifies the assignment contained in paragraph o) of ANAC’s Statutes.

The Portuguese State's intentions regarding the full or partial adoption of the provisions of Article 2 (8) of Regulation (EU) No. 2018/1139 are not known, as they are not published, thus making it clear, as far as the legislation shows, that this type of aircraft was, at the date of the accident, only subject to the national regulations, regardless of any authorization process to which it has been subjected in another country .

Such aircraft can only operate after meeting the national requirements for design, construction and licensing for flight as provided for in ANAC Regulation 164/2006 on the construction, certification and operation of ultralight aircraft as a complementary technical support to DL no. 238/2004 and No. 283/2007.

complementar aos D-L n.º 238/2004 e n.º 283/2007.

Nos termos do referido Regulamento n.º 164/2006, em última instância, a responsabilidade da operação das aeronaves é dos respetivos proprietários ao atestarem que estas se encontram aptas para voo.

No entanto, é requerido à Autoridade, dentro das suas competências e responsabilidades, e da legislação que enquadre a atividade, ao emitir autorizações e/ou certificados de voo de aeronaves sem certificado de tipo, garantir uma uniformização de critérios, atentar e validar as declarações de conformidade dos fabricantes e dos proprietários, no sentido de garantir que o equipamento está em conformidade e a operação é realizada debaixo dos pressupostos regulamentares.

Em específico, o art. 20.º do D-L n.º 283/2007 no seu ponto 7 refere que “constitui pressuposto para a emissão do certificado de voo a inscrição no Registo Aeronáutico Nacional (...), precedida da aprovação das condições técnicas de aeronavegabilidade”.

Seja no seguimento das limitações sugeridas pelos fabricantes com produção em série, ou nas questões dos requisitos técnicos como a resistência estrutural previstos no artigo 7.º do Reg. 164/2006 referente às características de projeto, “os aviões ultraleves, de asa rígida ou semi-rígida, devem respeitar os seguintes fatores: a) Fator de carga limite não inferior a [(+4), (-2)]; b) Fator de segurança não inferior a [(+1,5),(-1,5)]”.

Tendo o fabricante declarado em 2012 que a aeronave acidentada não cumpria com os pressupostos e requisitos da aprovação inicial, seria expectável uma avaliação técnica por parte da Autoridade no momento da revalidação do certificado de voo.

Ainda neste domínio, no que concerne à alteração dos equipamentos a bordo, reforça-se que é clara a responsabilidade do proprietário na eventual alteração das aeronaves, ficando ao seu critério tais modificações, exceto se modificações estruturais conforme referido no art 9.º do D-L 238/2004 no seu ponto 3: “Não são permitidas quaisquer alterações à estrutura original da

Ultimately, the aircraft operation responsibility is assured by its owner when declaring that it is fit for flight in accordance with Chapter III Article 10 point 3, paragraph h) of national Regulation 164/2006.

However, it is required to the Authority, within its competences and responsibilities and regulation activity boundaries, when issuing authorizations and/or permit to flight for aircraft without type certificate, to ensure an uniform criteria, to comply with and validating the manufacturers and owners' declarations of conformity, ensuring that the equipment is in compliance and the operation is carried out under regulatory framework.

In particular, art. 20 of D-L no. 283/2007 in its point 7 states that “registration in the National Aeronautical Register (...) is preceded by the issuance of a permit to flight certificate, preceded by the technical airworthiness conditions approval”.

Whether following the limitations suggested by manufacturers with a series production product, or in technical requirements such as the structural strength provided for in article 7 of Reg. 164/2006 regarding the design characteristics, “ultralight aircraft, rigid wing or semi-rigid, must respect the following load factors: a) Limit load factor not less than [(+4), (-2)] .; b) Safety factor not less than [(+1.5), (- 1.5)] ”.

Since the manufacturer declared in 2012 that the crashed aircraft did not comply with the initial approval assumptions and requirements, a technical assessment by the Authority would be expected during the permit to flight renewal.

Still in this topic, regarding the on board equipment modifications, it is reinforced that it is clear the responsibility of the owner over possible aircraft alterations, leaving such modifications at their discretion, except if structural modification are intended as referred in article 9 of the DL 238/2004 in its point 3: "No modifications to the original structure of the

aeronave, exceto nos casos ou situações devidamente autorizadas pelo INAC”.

A oposição no velocímetro de um arco vermelho em vez de um ponto para assinalar um valor único de Vne, vem evidenciar, no entendimento desta Autoridade de investigação, uma necessidade de intervenção formativa junto dos operadores e proprietários, promovendo e seguindo uma regulamentação que, por um lado, respeite os princípios auto-declarativos de uma atividade de risco controlado e, por outro, que resulte numa operação segura das aeronaves.

Deve ficar claro que em momento algum o relatório indica ou pretende inferir culpas ou responsabilidades de qualquer pessoa ou entidade. Julga-se que fica claro no relatório que o atual enquadramento legal e regulamentar da atividade e da sua supervisão não é eficaz para prevenir a ocorrência de factos como os evidenciados na investigação.

Massa da aeronave acidentada:

Conforme demonstrado nos vários capítulos do relatório, seja nos cálculos teóricos seja nos ensaios realizados, a massa da aeronave foi um fator contributivo para o acidente, independentemente dos padrões de aprovação de MTOM nos 450, 472,5 ou mesmo dos 600 kg, atendendo às prováveis manobras realizadas no voo do acidente.

Sendo a massa real das aeronaves, por oposição à massa declarada para o licenciamento limitada a 450 kg, um tema transversal a modelos recentes do grupo MEA-G3, construídos segundo padrões e normativo não compatível com a regulamentação nacional, importa sublinhar a necessidade de ser criada uma oportunidade para a revisão do enquadramento nacional das aeronaves constantes no anexo I do Regulamento (UE) 2018/1139, com a revisão do Regulamento 164/2006 e legislação associada.

Em total disponibilidade para, dentro das suas competências, colaborar com a Autoridade Nacional de Aviação civil, o GPIAAF incentiva a uma atitude de cooperação e a um papel formativo para com os proprietários e operadores de aeronaves em modelo auto-declarativo como caminho essencial não só à construção de uma confiança mútua entre os diferentes envolvidos, mas sobretudo no apoio

aircraft are allowed, except in the cases or situations duly authorized by INAC”.

The speed indicator modification by adding a red arc instead of a point to mark a single Vne value, evidences, in the understanding of this Safety Authority, a gap to be addressed regarding the operators and owners training, adding promoting actions, on one hand need to follow and cope the regulation, respecting the self-declarative principle within a risk controlled activity and on the other hand allow a safe operation of ultralight aircraft.

It should be made clear that at no time does the report indicate or intend to infer blame or responsibility to any person or entity. It is believed that it is clear from the report that the current activity legal and regulatory framework and its oversight is not effective in preventing the occurrence of facts such as those evidenced in the investigation.

Accident aircraft mass:

As mentioned in the investigation report over the various chapters, whether in the theoretical calculations or in the performed tests, the mass of the aircraft was a contributory factor for the accident, regardless of the MTOM approval standards at 450, 472.5 or even at 600 kg, given the possible manoeuvres performed on the accident flight.

Since the actual mass of the aircraft, when confronted the declared mass for licensing limited to 450 kg, a transversal theme to recent MEA-G3 group models designed and manufactured following standards not compatible with the mentioned national regulations, it is important to underline the need to create an opportunity for revision of the national regulatory framework to the Regulation (EU) 2018/1139 annex I aircraft, reviewing the Regulation 164/2006 and respective DL.

Within their competencies and in full availability to collaborate with the National Civil Aviation Authority, GPIAAF encourages a cooperative attitude aiming for skills development of aircraft owners and operators in this self-declarative model, as an essential path not only to build a mutual trust among the involved parties, but not least, by technically support to the light sport aircraft owners, that sometimes are not fully

técnico aos proprietários, por vezes não totalmente conhecedores das aeronaves que pretendem operar, seus procedimentos para a manutenção da aeronavegabilidade ou enquadramento legal da atividade.

aware of the aircraft specifications they intend to operate, their continuing airworthiness procedures or the legal activity aspects and framework.



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

Praça Duque de Saldanha, 31, 4.º - 1050-094 Lisboa
www.gpiaaf.gov.pt – geral@gpiaaf.gov.pt

2021