

RELATÓRIO SUMÁRIO DE ACIDENTE COM AERONAVE
AIRCRAFT ACCIDENT SUMMARY REPORT

 Colisão em voo com obstáculos na fase de
 decolagem

 Collision with obstacles during take-off whilst
 airborne

1- SINOPSE
1- SYNOPSIS

PROCESSO GPIAAF || GPIAAF PROCESS ID 10/ACCID/2015		Classificação || Classification Acidente || Accident	
		Tipo de evento || Type of event CTOL - Colisão com obstáculos durante a decolagem e aterragem || Collision with obstacles during take-off and landing	
OCORRÊNCIA || OCCURRENCE			
Data || Date 18-06-2015	Hora || Time ~09:00 UTC	Local || Location 38°56'38.3"N 08°43'18.0"W Herdade do Sabugueiro – Coruche - Portugal	
AERONAVE || AIRCRAFT			
Tipo || Type PIPER PA36 BRAVE 375		N.º de série || Serial No. 36-8202001	Matrícula || Registration CS-AUC
Categoria || Category Avião || Aircraft			Operador || Operator C.C.B. Serviços Aéreos, Lda.
VOO || FLIGHT			
Origem || Origin Biscainho Brandão - Pista agrícola || Agricultural airstrip		Destino || Destination Biscainho Brandão - Pista agrícola || Agricultural airstrip	
Tipo de voo || Type of flight Trabalho Aéreo || Aerial Work		Tripulação || Crew 01	Passageiros || Passengers 00
Fase do voo || Phase of flight Decolagem || Take-off		Condições de luminosidade || Lighting conditions Diurno || Daylight	
CONSEQUÊNCIAS || CONSEQUENCES			
Lesões || Injuries	Tripulação || Crew	Passageiros || Passengers	Outros || Other
Fatais || Fatal	0	0	0
Graves || Serious	1	0	0
Ligeiras || Minor	0	0	0
Nenhuma || None	0	0	0
Total	1	0	0
Danos na aeronave || Aircraft damage Destruída || Destroyed		Outros danos || Other damage Árvores/contaminação do solo || Trees & soil contamination	

2- DESCRIÇÃO FACTUAL DA OCORRÊNCIA
História do voo

No dia 18 de junho de 2015 uma equipa que presta serviços de pulverização aérea, deslocou-se à pista agrícola Biscainho Brandão nas proximidades da herdade do contratante do serviço. A aeronave utilizada no serviço, um Piper PA36-375 com matrícula CS-AUC, foi preparada para a missão, tendo sido abastecida com combustível e produto

2- FACTUAL OCCURRENCE DESCRIPTION
History of the flight

On June 18th, 2015, a team that provides aerial spraying services went to the Biscainho Brandão agricultural airstrip near the farm of the service contractor. The aircraft used in the service, a Piper PA36-375 with registration number CS-AUC, was prepared for the mission, having been supplied with fuel and spraying product.

fitossanitário de pulverização.

O piloto aos comandos da aeronave, enquanto aguardava a finalização dos procedimentos da equipa de terra, refere ter observado a movimentação da vegetação por ação do vento, que indicava uma tendência para uso da pista 13 para a decolagem.

Segundo as mesmas declarações, a intensidade do vento não lhe parecia impeditivo de realizar a decolagem na pista 31 com a soleira mais próxima da posição de abastecimento.

Após ter alinhado na pista 31, a aeronave iniciou a decolagem, entendida como normal e seguindo os procedimentos habituais.

Configurada com um ponto de *flaps*, a aeronave não atingiu a velocidade de ar indicada para a decolagem (80 mph), ainda assim, o piloto prosseguiu com a corrida.

Segundo declarações do pessoal de terra, a aeronave conseguiu descolar no final da pista, provavelmente após os 450 metros iniciais, tendo sido observados movimentos oscilatórios da asa.

Na fase final da corrida de decolagem e sem ter sido acionado o sistema de abertura e largada de carga em emergência pelo piloto, por alegadamente estar inoperativo, o piloto afirma ter selecionado os *flaps* para a posição *full*, não evitando a perda de controlo da aeronave.

Com a aeronave sem capacidade para ultrapassar os obstáculos e a “afundar”, a dinâmica do impacto inicia-se com a colisão com um primeiro sobreiro com um ângulo pronunciado de semi-asa esquerda em baixo (detalhe 1 da figura 1), seguido de mais uma colisão com uma segunda árvore (detalhe 2) já praticamente invertido, immobilizando-se junto à base de uma terceira árvore (detalhe 3).

A manhã apresentava-se com o céu limpo, o vento registado na estação de superfície próxima em Cruz do Leão, era do quadrante Nordeste com uma intensidade entre os 5 e 10 nós e uma temperatura de 28°C.

The pilot at the controls of the aircraft, while waiting for the finalization of the ground team procedures, refers to having observed the movement of vegetation by the action of the wind, which indicated a tendency to use runway 13 for take-off.

According to the same statements, the intensity of the wind did not seem to prevent him from taking off on runway 31 with the threshold closest to the filling position.

After having aligned on runway 31, the aircraft started to take off, understood as being normal and following the usual procedures.

With flaps setting in the first notch, the aircraft did not reach the required airspeed for take-off (80 mph), however, the pilot continued with the take-off run.

According to the ground personnel statements, the aircraft took off at the end of the runway, probably after the initial 450 meters, with oscillatory wing movements.

In the final phase of the take-off run and without the pilot triggering the emergency cargo release system, allegedly for this being inoperative, the pilot stated to have selected full flaps, not avoiding the loss of control of the aircraft.

With the aircraft unable to overcome obstacles and “sinking”, the dynamics of the impact begin with an initial collision with a cork tree with a pronounced left semi-wing down attitude (detail 1 in figure 1), followed by a subsequent collision with a second tree (detail 2) practically inverted already, stopping at the base of a third tree (detail 3).

A clear skies morning with the wind recorded in the nearby surface station in Cruz do Leão, was from the Northeast quadrant with intensity between 5 and 10 knots and a temperature of 28°C.

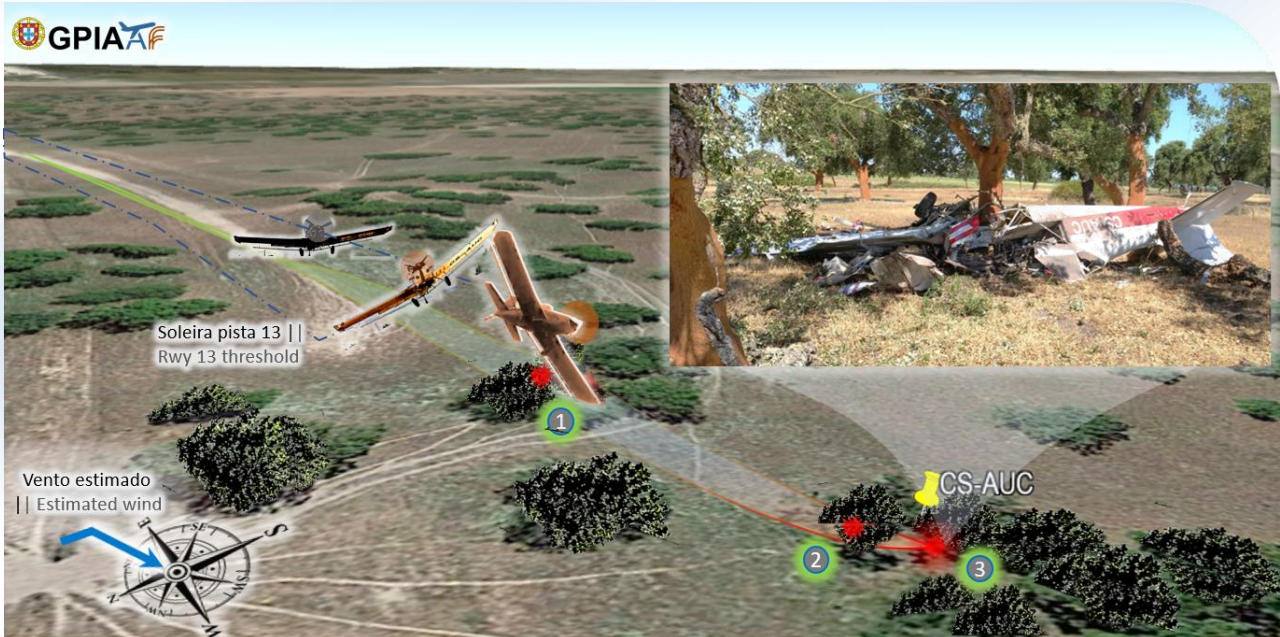


Figura 1 ||
 Detalhe da trajetória estimada e posição final da aeronave

Figure 1 ||
 Estimated trajectory detail and aircraft resting position

Não foi possível aferir a massa da aeronave no momento do acidente, tendo as quantidades de combustível e químico para a missão a bordo sido estimadas pela equipa de terra nos 80 e 450 litros respetivamente.

It was not possible to measure the mass of the aircraft at the time of the accident, and the amounts of fuel and chemical for the mission on board were estimated by the ground crew at 80 and 450 litres respectively.

Lesões e danos

Injuries and damage

O piloto, em estado inconsciente, foi retirado dos destroços da aeronave por um elemento da equipa de apoio aos trabalhos agrícolas.

The pilot, in an unconscious condition, was removed from the aircraft wreckage by a member of the agricultural support team.

Ao local do acidente compareceram várias equipas de socorro, tendo o piloto sido evacuado de helicóptero para uma unidade hospitalar de Lisboa onde foram confirmadas lesões graves ao nível do tórax, traumatismo craniano e escoriações várias.

Several rescue teams attended the accident site, with the pilot being evacuated by helicopter to a hospital in Lisbon where serious chest injuries, head trauma and various abrasions were confirmed.

A aeronave ficou destruída, sendo possível identificar e determinar que todas as superfícies de controlo de voo estavam no local e conectadas entre si. Não foram encontradas evidências de falha estrutural em voo. A hélice e respetivas pás evidenciaram estar numa configuração próxima do passo fino no impacto, exibindo assinatura consistente com elevada potência do motor no momento da colisão com as árvores. Ambos os componentes, hélice e motor, ficaram separados entre si e da estrutura primária da aeronave pelas

The aircraft was destroyed, it was however possible to identify all flight control surfaces and confirm their continuity. There was no evidence of in-flight structural failure.

The propeller blades appeared to be in a fine pitch range at impact and consistent with high engine power output at impact with the trees. Both components, engine and propeller detached from the aircraft primary structure due to the forces involved in the collision with the third and last

forças desenvolvidas na colisão com a última árvore.

A baixa velocidade de controlo aerodinâmico provocou uma colisão com uma atitude pronunciada de semi-asa esquerda em baixo, evidência de uma perda de controlo da aeronave por perda aerodinâmica assimétrica.

A dinâmica do evento é coerente com a perda de sustentação iniciada com a semi-asa direita seguida de uma perda aerodinâmica abrupta da asa esquerda e consequente colisão desta com a primeira árvore, onde foram confirmados os destroços da ponta da asa e corte com ângulo pronunciado conforme evidenciado no detalhe A da figura 2.

A aeronave não estava equipada com sistema de gravação de dados de voo, nem tal era requerido pela regulamentação.

A referida atitude da aeronave na pré-colisão, bem como a dinâmica de colisão com as árvores, promoveu uma absorção de energia coerente com a preservação do espaço disponível no cockpit e consequente sobrevivência do piloto.

A pista agrícola

A pista agrícola do evento era utilizada há vários anos e era bem conhecida do operador e piloto acidentado. A pista não cumpria, por não serem aplicáveis, os requisitos de instalação de indicador de direção e intensidade de vento ou requisitos de salvamento e luta contra incêndios previstos no Regulamento n.º 401/2017, nem mesmo as condições previstas nos D-L n.º 238/2004 e n.º 283/2007 sobre a operação nas pistas destinadas a aeronaves ultraleves.

Com uma elevação de apenas 130 pés MSL, o comprimento declarado da pista era de 500 metros, sendo que à data do evento, o total de terreno livre rondava os 600 metros com um piso em terra batida. A pista 31 caracteriza-se por um declive positivo (~+1,7%) nos primeiros 400 metros, tendo no final dos 600 metros, árvores (sobreiros) de grande porte com uma altura em torno dos 10 metros.

tree.

The low speed of aerodynamic control caused a collision with a pronounced left semi-wing down attitude, evidence of aircraft loss of control due to asymmetric aerodynamic stall.

The event dynamics are consistent with the loss of lift initiated with the right semi-wing followed by an abrupt aerodynamic stall of the left semi-wing and a consequent collision with the first tree, where the wing tip debris and pronounced clipping angle were confirmed as evidence in detail A of figure 2.

The aircraft was not equipped with a flight data recording system, nor was this required by regulation.

The referred aircraft attitude in the pre-collision, as well as the dynamics of collision with the trees, resulted in energy absorption within the available cockpit space which led to the survival of the pilot.

The agricultural airstrip

The agricultural airstrip of the event was in use for several years and was well known to the operator and injured pilot. The runway did not comply, nor was this required, the windsock installation or firefighting and rescue requirements mentioned in Regulation No 401/2017, nor the conditions laid down in D-L No. 238/2004 and No. 283/2007 on ultralight aircraft runways operation.

With an elevation of just 130 feet MSL, the declared length of the airstrip was 500 meters, and at the date of the event, the clear way was around 600 meters with a clay surface. Runway 31 is characterized by a positive slope (~+1.7%) in the first 400 meters, with large cork trees at the end of the 600 meters with a height of around 10 meters.



Figura 2 ||
 Detalhe da pista e obstáculos ||

Figure 2
 Runway and obstacles details

O operador aéreo era, à data do evento, detentor de uma licença de Trabalho Aéreo prevista no Decreto-Lei n.º 44/2013 de 2 de abril e formalizado por Despacho ANAC n.º 7602/2015.

The air operator was, at the date of the event, holder of an Aerial Work license in accordance with Decree-Law No. 44/2013 of 2nd April and formalized by ANAC Order No. 7602/2015.

No artigo 15.º do referido D-L sobre as infraestruturas e serviços de operação, no seu ponto 1 é determinado “Antes do início de cada voo, o operador deve certificar-se que as infraestruturas e os serviços disponíveis são adequados para o tipo de operação correspondente ao voo a executar, tendo em vista a segurança da operação da aeronave”.

In article 15.º of the aforementioned D-L referring to the operation services and infrastructures, in point 1 it is stated that “Before the start of each flight, the operator must make sure that the infrastructures and services available are suitable for the type of operation corresponding to the flight to be performed, with a view to the safe operation of the aircraft”.

3- SOBRE A INVESTIGAÇÃO

3- ABOUT THE INVESTIGATION

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

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

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

Considering the circumstances of the event and taking into account that the occurrence is classified as an accident, former GPIAA initiated a safety investigation process in accordance with EU Regulation No. 996/2010 from the European Parliament and Council, of October 20th, and

Decreto-Lei n.º 318/99, de 11 de agosto.

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

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

Nestas circunstâncias, com o presente Relatório Sumário dá-se por encerrado o processo de investigação, divulgando junto da comunidade aeronáutica os factos apurados e as constatações relevantes, assim como as conclusões e ensinamentos resultantes da investigação no sentido de prevenir a sua repetição através do alerta para os aspetos de segurança que o acidente suscita e da emissão das recomendações adequadas.

Portuguese Decree-Law No. 318/99, of August 11th.

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

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

In these circumstances, the safety investigation is closed with the publishing of this Summary Report, disseminating within the aeronautical community the relevant evidence and findings, as well as the conclusions and learning resulting from the investigation, to prevent its reoccurrence by raising the awareness to the safety issues uncovered by the accident and issuing the appropriate recommendations.

4- CONSTATAÇÕES RELEVANTES

Tripulação técnica de voo

O piloto, do sexo masculino, 66 anos de idade à data do acidente, nacionalidade portuguesa, era titular de uma Licença ATPL(A), com as qualificações de monomotores e multimotores terrestres, voo por instrumentos e de instrutor, com uma experiência total superior a onze mil horas de voo.

Realizou exames médicos aeronáuticos a 10-11-2014, tendo o seu certificado médico válido e onde consta a limitação VNL (deve usar lentes corretivas para visão ao perto e ter um par de óculos disponível).

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

4- RELEVANT FINDINGS

Flight Crew

The pilot, male, 66 years old at the time of the accident, Portuguese nationality, was holder of an ATPL(A) License, with single and multi-engine land, instrument rated and flight instructor qualifications, with a total experience above eleven thousand hours of flight time.

The flight medical certificate was valid with the last medical examinations carried out on 10-11-2014 with VNL limitation (wear corrective lenses and carry a spare set of spectacles).

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

A aeronave

A aeronave Piper PA-36-375 Brave com matrícula CS-AUC e data de fabrico em 1982, possuía um certificado de aeronavegabilidade restrito a "trabalhos agrícolas", com o certificado de avaliação da aeronavegabilidade (ARC) válido até 15 de junho de 2016.

O Brave é uma aeronave agrícola monomotor com roda de cauda de construção semi-monocoque, asa baixa com longarina sem escoramento. É equipada com um tanque (*hopper*) de 1070 litros com opção de um sistema dispersor ou espalhador de sólidos.

A estrutura primária da fuselagem é do tipo treliça em tubo de aço soldado com redundância estrutural e deformação progressiva com absorção de esforços perante um cenário de colisão. O revestimento da fuselagem é por múltiplos painéis permitindo uma desmontagem completa para inspeção ou limpeza.

Um sub-tanque de construção em aço inoxidável é fixado na zona inferior do *hopper* (detalhe 1). Na sua zona inferior é acoplada uma comporta de abertura rápida usada como válvula de emergência (detalhe 2).

The aircraft

The Piper PA-36-375 Brave aircraft registered as CS-AUC, manufactured in 1982, had a restricted airworthiness certificate "agricultural work only" and an airworthiness review certificate valid until June 15, 2016.

The Brave is a single engine, full cantilever semi-monocoque low-wing, tail wheel type, special purpose agricultural aircraft, equipped with a 38 cubic-foot hopper with optional sprayer and spreader.

The primary structure is made of welded steel tubing truss type fuselage frame with structural redundancy characteristics and progressive collapse and load absorption during a crash scenario. The multiple panel design allows a full disassembly of the structure for inspection or cleaning.

A stainless-steel sub-tank (detail 1) is bolted to the lower flange of the hopper. At the lower extremity a liquid tight gate is installed (detail 2), which serves as an emergency dump valve.

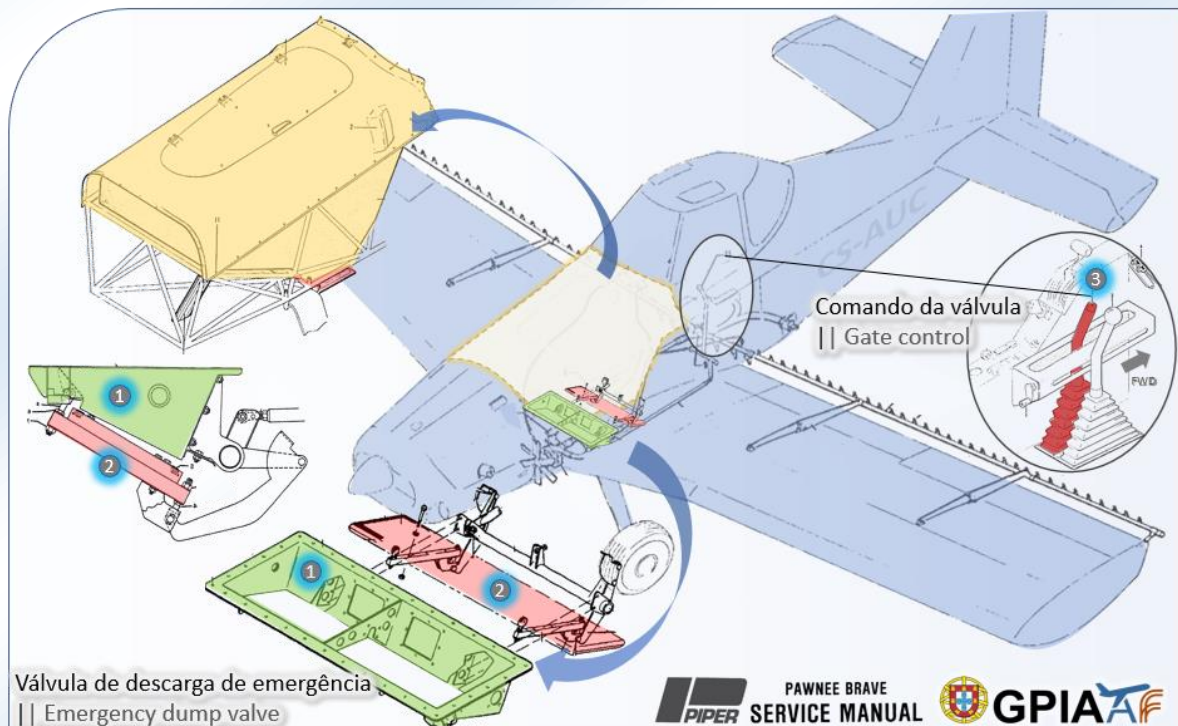


Figura 3 ||
Detalhes do sistema de descarga de emergência

Figure 3 ||
Details of the emergency dump gate system

Para abrir a comporta de descarga da tremonha (*hopper*), o piloto pressiona um botão (detalhe 3) enquanto move a alavanca à frente, passando pelo bloqueador de segurança até ao batente ajustável. O manual de operação do piloto (POH) refere: “É aconselhável verificar o mecanismo de operação da comporta e alavanca antes de cada operação de pulverização...”. O mesmo manual na secção de Emergências refere para um cenário de falha de motor (perda de potência):

To open the gate or dump the hopper load, the pilot needs to depress the button (detail 3) and hold it down while moving the handle fully forward past a safety catch and the adjustable control stop. The pilot operating handbook (POH) refers: “It is advisable to check the dump gate and gate handle operating mechanism before each spraying operation...”. The same manual on the Emergency section states for an engine failure (power loss) scenario:

**ENGINE FAILURE DURING TAKEOFF
(IF AIRBORNE)**

Insufficient landing area remaining:
Lower nose and maintain airspeed above stall.

Hopper control	.....	OPEN to dump load
Throttle	.....	CLOSED
Mixture	.....	IDLE CUT-OFF
Fuel control	.....	OFF
Magnetos	.....	OFF
Flaps	.....	DOWN
Electric fuel pump	.....	OFF
Master switch	.....	OFF

Adicionalmente ao POH, o manual de manutenção exige uma inspeção detalhada e verificações operacionais ao “grupo agrícola” a cada 50 horas de voo para garantir o bom estado de vedação do *hopper* e válvula de descarga, entre outros itens. De acordo com as declarações do piloto, devido a fuga no vedante, a válvula de emergência foi provisoriamente mantida na posição fechada, o que não permitiu o seu acionamento na emergência.

In addition to the POH instructions, the service manual requires a detailed inspection and operational checks to the “agricultural group” every 50 flight hours to ensure proper condition of hopper seals and dump valve, among other items. In accordance with pilot’s statement, the emergency valve was provisionally held in the closed position due to seal leakage, preventing its activation in an emergency.

Avaliação da condição do motor:

O Brave é equipado com um motor Lycoming IO-720-C1B de oito cilindros com injeção de combustível que desenvolve 375 hp às 2500 RPM.

The engine condition assessment:

The Brave is powered by an eight-cylinder fuel injected Lycoming IO-720-C1B engine, producing 375 hp at 2500 RPM.

Foi realizada uma avaliação à condição do motor SN: L-651-54C por uma oficina autorizada pelo fabricante e sob supervisão do antigo GPIAA. Não foram encontradas evidências de anomalia mecânica ou condições pré-existentes que pudessem ter afetado significativamente o funcionamento do motor. A hélice também foi avaliada, exibindo um ângulo das pás em passo fino com danos e deformações compatíveis com uma potência elevada no momento da colisão.

The engine with SN: L-651-54C was disassembled and examined by an approved engine overhaul facility under former GPIAA supervision.

There was no evidence of mechanical anomaly or pre-existing conditions that could have significantly affected the engine operation. The propeller was also assessed and found to be in a fine pitch blade angle and evidencing damage signs of high-power setting on the collision.

Performance da aeronave e a curva de inversão de potência:

O operador não dispunha, à data do acidente, de um sistema de aferição e registo das quantidades de material carregado no *hopper*, para além da indicação visual do mesmo. Tendo em consideração as quantidades declaradas de herbicida carregado e do combustível a bordo estimado, a massa básica da aeronave e massa do piloto, foram estimados 1725kg (3800lbs) para a massa à decolagem.

Nota: é importante reforçar que não foi possível confirmar a quantidade abastecida e estimada pelo operador em menos de metade da capacidade máxima do *hopper* que era de 1070 litros (38 ft³).

Com os dados existentes de carregamento estimado, as condições climáticas com 28°C, uma componente de vento de cauda de 6 nós, ao usarmos o gráfico de *performance* do manual da aeronave disponível para pistas pavimentadas, sem declive e *flaps* a 0°, são retirados os valores de corrida de decolagem nos 335 m (1100 ft) e uma distância necessária para ultrapassar um obstáculo de 15 metros (50 ft) nos 580 m (1900 ft).

Aircraft performance and the reversal power curve:

The operator did not have, at the time of the accident, a system for measuring and recording the quantities of material loaded in the hopper, apart from a visual indication. Taking into account the declared amounts of loaded herbicide and the estimated fuel on board, the basic mass of the aircraft and the mass of the pilot, 1725kg (3800lbs) were estimated for the take-off mass.

Note: it is important to emphasize that it was not possible to confirm the quantity supplied and estimated by the operator at less than half the maximum hopper capacity, which was 1070 liters (38 ft³).

With the existing data of estimated loading, the climatic conditions at 28°C, a tail wind component of 6 knots, when using the performance graph available in the aircraft manual for paved runways, without slope and flaps at 0°, obtained the values of 335 m (1100 ft) for the take-off run and a distance of 580 m (1900 ft) required to overcome an obstacle of 15 meters (50 ft).

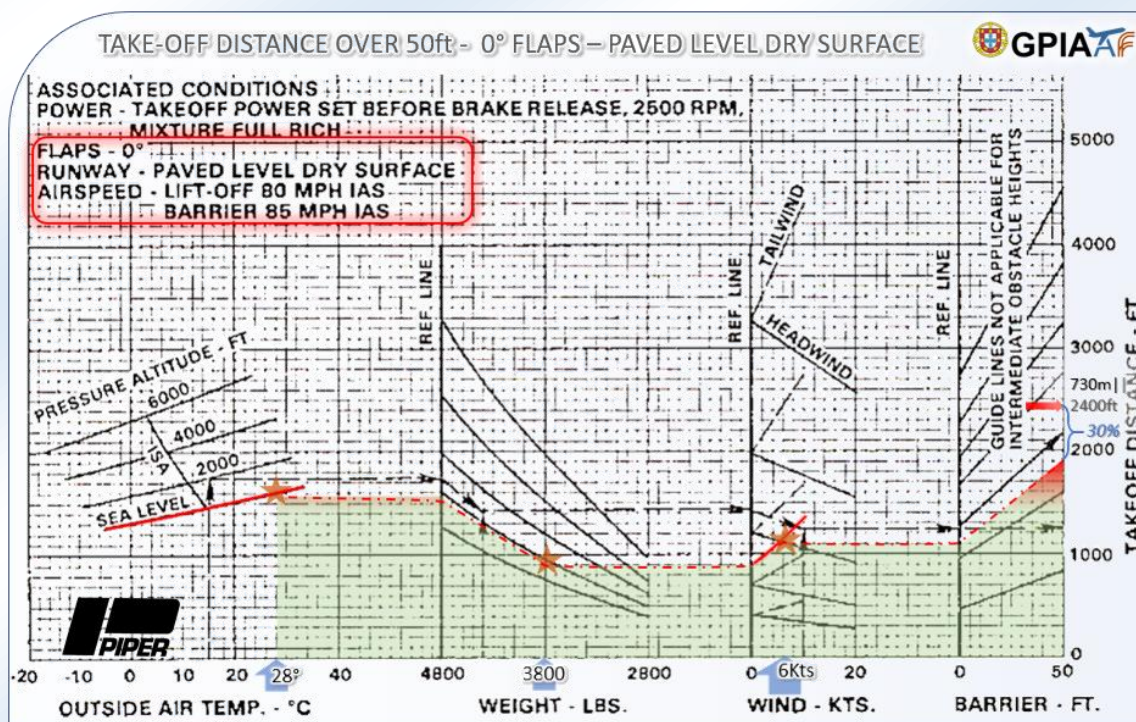


Figura 4 || Figure 4
Gráfico de *performance* de decolagem || Take-off performance chart (Piper POH)

Como referência genérica¹, é aceite um incremento de 10% na distância de rolagem na decolagem por cada 2 nós de vento de cauda e um aumento de 7% na mesma distância por cada 1% de declive positivo.

Numa perspetiva conservativa, se assumirmos um incremento de apenas 30% para os valores acima devido às condições reais do evento como o piso, declive positivo da pista, a utilização de *flaps* fora dos 0° estabelecidos e a velocidade de rotação inferior à prevista e nunca atingida de 80mph, obtemos 730m (2400 ft) de distância percorrida para ultrapassar o obstáculo estimado a 685 metros (2250 ft) do início da decolagem.

A combinação das referidas condições, permitiram que a aeronave descolasse e voasse numa condição de muito baixa energia, provavelmente abaixo das 77 mph. O piloto, após decidir não interromper a decolagem, tentou ultrapassar os obstáculos aumentando o ângulo de ataque (AOA) como uma ação extrema para evitar a colisão, uma ação que intensificou as já precárias condições de voo, com o aumento da componente do arrasto induzido, conforme abaixo explicado.

As a generic reference¹, an increase of 10% in the take-off roll distance for every 2 knots of tail wind and an increase of 7% in the same distance for each 1% positive slope is accepted.

From a conservative perspective, if we assume an increase of only 30% to the above values due to the real conditions of the event such as the soft ground, positive slope of the airstrip, the use of flaps outside the 0° established and the rotation speed lower than expected and unachieved lift-off speed of 80mph, we obtain 730m (2400 ft) of distance covered to overcome the estimated obstacle at 685 meters (2250 ft) from the start of take-off.

All those conditions combined resulted in the aircraft becoming airborne and flying in a very low energy condition, probably below 77 mph. The pilot, after deciding not to discontinue the take-off roll, attempted to overcome the obstacles by increasing the angle of attack (AOA) as a desperate action to avoid the collision, an action that intensified the already poor flying conditions by increasing the induced drag component as explained below.

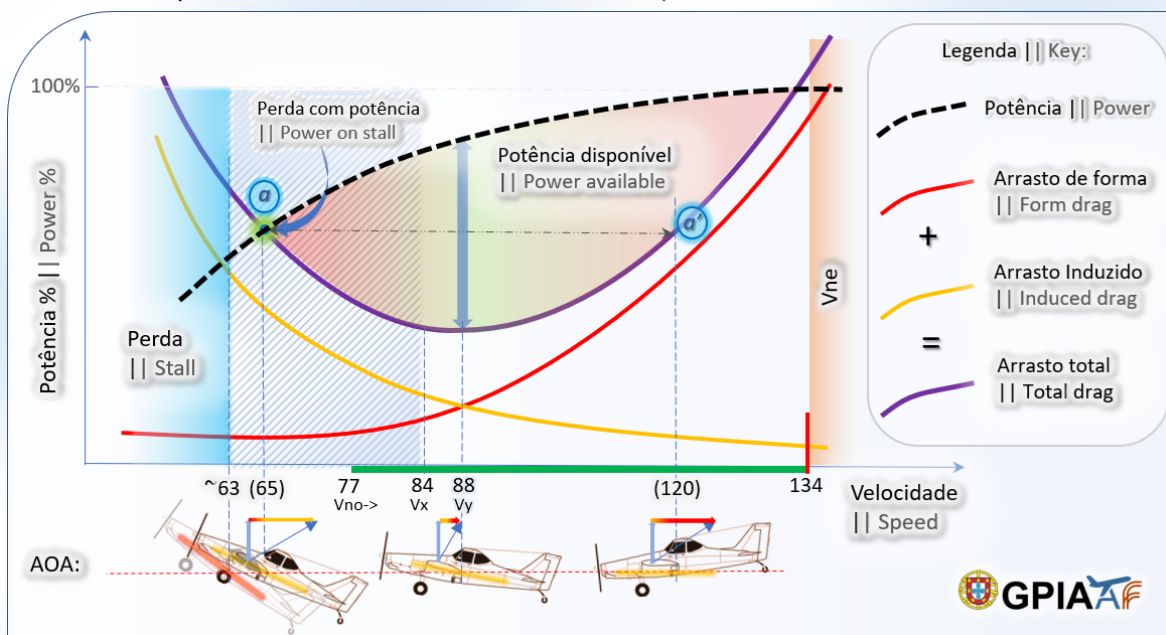


Figura 5 || **Figure 5**

Gráfico genérico de potência em excesso (valores indicativos)

Excess power generic illustration (values for reference only)

¹ $(1/(1 - R * \sin(\theta)))$, onde R é a relação da massa e excesso de potência da aeronave na decolagem e θ (teta) é o declive da pista || R is the weight to average excess thrust ratio of the aircraft during its take-off roll and θ (theta) is the angle the runway makes with the horizontal.

O arrasto induzido é uma consequência da sustentação e é maior em ângulos de ataque elevados e baixas velocidades do ar. Nesta condição, a sustentação que suporta a massa do avião, a sustentação efetiva, atua verticalmente, contudo, a sustentação total gerada pela asa atua perpendicularmente à corda da asa. Em ângulos de ataque elevados, essa força perpendicular, denominada de arrasto induzido, exerce uma força significativa em oposição à direção do voo.

Não considerando uma possível contribuição do efeito de solo, após a decolagem, a aeronave para manter a altitude necessitava de mais potência devido ao contínuo aumento do ângulo de ataque. Em determinado ponto (detalhe *a* da figura 5), toda a potência disponível não foi suficiente para manter a aeronave no ar e, eventualmente, a semi-asa direita entrou em perda, seguida por uma perda abrupta da esquerda.

O voo abaixo da velocidade de máximo alcance (ponto mais baixo na curva de potência necessária) requer uma potência elevada pela diminuição da velocidade no ar. Atendendo à necessidade de aumento da potência com a redução de velocidade, situação contrária ao normal comando de voo, o regime de velocidades de voo entre a velocidade para configuração de potência mínima necessária e a velocidade de perda (ou velocidade mínima de controlo) é denominado a região de reversão de comando (região sombreada na figura 5). Nesta região de comando invertido, uma diminuição na velocidade no ar deve ser acompanhada de um ajuste na potência para manter um voo nivelado.

Durante a decolagem da pista de terra batida e na subida inicial, o piloto tentou a decolagem fora do efeito de solo sem a velocidade e atitude normais de voo, permitindo que a aeronave entrasse na região de comando invertido a baixa altitude. Mesmo com toda a potência aplicada, a aeronave foi incapaz de subir. A única opção do piloto seria baixar o nariz da aeronave com o objetivo de aumentar a velocidade do ar, o que inevitavelmente resultaria numa perda de altitude não disponível no evento.

Induced drag is a consequence of lift, and it's greatest at high angles of attack and slow airspeeds. In this condition, the lift that supports the airplane's weight, effective lift, acts vertically but, as always, the total lift generated by the wing acts perpendicular to the wing chord. At high angles of attack, this perpendicular force, named induced drag, exerts strong amounts of rearward force opposite to the direction of flight.

After lift-off to maintain altitude, and discarding any possible ground effect contribution, the aircraft needed more power, as it continued to increase the attack of attack. At some point (detail *a* in figure 5), all the power available simply was insufficient to keep the aircraft in the air and, eventually, the right semi-wing stalled, followed by a deep stall on the left one.

Flight speeds below the speed for maximum endurance (lowest point on the required power curve) require higher power settings with a decrease in airspeed. Since the need to increase the required power setting with decreased speed is contrary to the normal command of flight, the regime of flight speeds between the speed for minimum required power setting and the stall speed (or minimum control speed) is termed the region of reversed command (cross-shaded region on figure 5). In this region of reversed command, a decrease in airspeed must be accompanied by an increased power setting in order to maintain steady flight.

During the soft-field take-off and climb, the pilot attempted to climb out of ground effect without first attaining normal climb pitch attitude and airspeed, the airplane entered this region of reversed command at a dangerously low altitude. Even with full power, the aircraft was incapable of climbing. The pilot's only option would be to lower the pitch attitude in order to increase airspeed, which inevitably would result in a loss of altitude which was not available in the event.

O gráfico genérico da figura 5 ilustra também que nas extremidades da curva de arrasto total, também conhecida como curva de potência necessária (linha roxa), é perceptível não só a velocidade de perda e a não exceder (V_{ne}), sendo também observável que é necessária a mesma potência para voar o avião a 65 mph (detalhe a) como a uma velocidade de cruzeiro elevada nas 120 mph (detalhe a'), por aumento da componente do arrasto de forma.

The generic graph on figure 5 also demonstrates that at either end of the total drag curve, also known as the required power (purple line), it's easy to see where the stall speed and redline occur, but it's also worthwhile noting that it takes as much power to fly the aircraft at 65 mph (detail a) as it does to fly at a high cruise speed of 120 mph (detail a') due to the form drag increase.

5- CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

Da avaliação da condição da aeronave, dos dados recolhidos do piloto e equipa de apoio de terra, bem como dos dados disponíveis evidenciados na condição dos componentes, a investigação aponta como causa mais provável para o evento a falha do piloto na preparação da missão e reconhecimento da *performance* da aeronave, não rejeitando a descolagem nas condições e envolvente. Em sequência, ao não libertar a carga em emergência conforme preconizado no manual, a aeronave não teria possibilidade de ultrapassar os obstáculos e executar uma descolagem em segurança.

Para a degradação de *performance* da aeronave terão contribuído:

- Uma incorreta aferição do carregamento da aeronave pelo piloto,
- Uma componente de vento de cauda na pista eleita para a descolagem e o próprio declive positivo desta.

O sistema de abertura em emergência inoperativo, que era do conhecimento do piloto, terá contribuído para este não ter executado o procedimento de emergência com a largada da carga.

As constatações e conclusões da investigação suscitam os seguintes comentários:

O ambiente de trabalho aéreo agrícola é extremamente hostil à operação das aeronaves. Para além das condições precárias da maioria das pistas utilizadas, os produtos fitossanitários podem provocar danos na estrutura ou avarias nos sistemas da aeronave, caso não sejam seguidos os programas

5- CONCLUSIONS & COMMENTS

From the aircraft condition assessment, the data collected from the pilot and ground support team as well as the condition of the components examined, the investigation establishes as most probable cause for the event the pilot's failure to prepare the mission and awareness of the aircraft's performance, not rejecting the take-off in the given conditions and surroundings. In sequence, by not releasing the cargo in emergency, as recommended in the manual, the aircraft was unable to overcome the obstacles and perform a safe take-off.

To the aircraft's performance degradation will have contributed:

- An incorrect appraisal of the aircraft's loading by the pilot,
- A tail wind component on the chosen runway for take-off and its positive slope.

The inoperative emergency opening system, which was known to the pilot, may have contributed to the pilot not having performed the emergency procedure to release the cargo.

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

The agricultural aerial work environment is extremely hostile to aircraft operation. In addition to the precarious conditions of most runways used, phytosanitary products can cause damage to the structure or aircraft systems, if the approved corrective and preventive maintenance programs

de manutenção corretiva e preventiva aprovados. Apesar de robustas, as aeronaves usadas para este tipo de operação não são comparáveis às comuns máquinas agrícolas e não podem ser tratadas como tal.

Por regra, as avaliações de aeronavegabilidade deste tipo de aeronaves identificam práticas de manutenção fora dos padrões da indústria, com deficientes registos de anomalias e respetivas ações de manutenção sem possibilidade de rastreabilidade.

O manual de manutenção do fabricante refere nas suas páginas iniciais: “Talvez nenhum outro fator seja tão importante para a segurança operacional e durabilidade da aeronave e dos seus componentes quanto uma diligente e especial atenção às inspeções e verificações regulares de pequenos problemas com reparação imediata após sua deteção”.

As aeronaves e seus componentes passam por um rigoroso processo de certificação, não havendo espaço para soluções caseiras como terá sido o caso com improvisos na inibição da válvula de emergência.

Sobre esta inibição da válvula que constitui uma pré-condição insegura, o evento juntou ainda elementos condicionantes à *performance* da aeronave como o vento de cauda, o declive da pista e o provável carregamento da aeronave não devidamente aferido.

Como último interveniente para a ocorrência do acidente, o fator humano com a convicção do piloto na *performance* da aeronave para ultrapassar os obstáculos, como provavelmente já teria ocorrido em situações limite em descolagens anteriores, ao não decidir pela rejeição da descolagem num ponto pré-determinado. As escolhas de pilotagem até à colisão, com o aumento do ângulo de ataque, colocaram a aeronave numa condição de total dependência da potência disponível do motor, que não foi suficiente para as condições de carregamento da aeronave.

are not followed. Although robust, the aircraft used for such activity are not comparable to common agricultural machines and cannot be treated as such.

As a rule, airworthiness assessments for this type of aircraft identify maintenance practices outside industry standards, with deficient records of anomalies and respective maintenance actions without the possibility for traceability.

The manufacturer’s service manual, states on its initial pages: “*Perhaps no other factor is quite so important to safety and durability of the aircraft and its components as faithful and diligent attention to regular checks for minor troubles and prompt repair when they are found*”.

Aircraft and their components undergo a rigorous certification process, with no room for homemade solutions, as would have been the case with improvisations in the emergency valve inhibition.

Regarding this inhibition of the valve, which constitutes an unsafe precondition, the event included elements conditioning the aircraft’s performance, such as the tail wind, the runway slope and the probable inadequate loading of the aircraft.

As the last ingredient for the occurrence of the accident, the usual human factor with the pilot’s belief in the performance of the aircraft to overcome obstacles, as probably would have already occurred in tight situations in previous takeoffs, by not deciding to reject the take-off at a predetermined point. The pilot’s insistence with the increase of the angle of attack until the collision placed the aircraft in a condition of total dependence on the available power of the engine, which was not sufficient for the aircraft loading conditions.



6- AÇÕES DE SEGURANÇA E RECOMENDAÇÕES

Após uma análise criteriosa de todos os factos do evento e ao espaço temporal da ocorrência às medidas entretanto tomadas pelo operador, a autoridade de investigação de segurança determinou não ser útil a emissão de recomendações formais de segurança.

O operador, em processo de reestruturação da sua atividade, declarou a implementação de medidas centradas no:

- Sistema de alijamento de carga com inspeção ao sistema de abertura de emergência nas restantes aeronaves da frota de forma a garantir que este se encontra em funcionamento, introduzindo um treino periódico dos pilotos na manobra da largada de carga em emergência.
- Parâmetros de *performance* de descolagem com a determinação da velocidade de descolagem rejeitada.

O operador poderá ainda reforçar e garantir sempre os meios e condições de suporte à operação fora dos aeródromos certificados, onde a equipa de terra deve dispor de equipamentos adequados às suas necessidades e, no mínimo, dispor de meios de socorro e combate a incêndio previstos no regulamento de aprovação de pistas de ultraleves no Artigo 61.º Regulamento n.º 164/2006. Deverá ainda desenvolver esforços para garantir a presença de um dispositivo de indicação de direção e intensidade do vento como meio de auxílio visual aos pilotos.

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

6- SAFETY ACTIONS & RECOMMENDATIONS

After a careful review of all the facts of this event and considering the timeframe of the occurrence as well as the measures taken in the meantime by the operator, the safety investigation authority deemed that issuing formal safety recommendations is not useful.

The operator, currently in a reorganisation process of its activities, declared the implementation of measures focused on:

- Cargo releasing system with inspection of the emergency opening system for the remaining aircraft on the fleet to ensure proper operation and introducing a pilot recurrent training in the cargo emergency release operation.
- Take-off performance parameters to determine the rejected take-off speed.

The operator may reinforce and ensure always the means and conditions of support for operation outside certified aerodromes where the ground team must have equipment appropriate to its needs and, as a minimum, have means of rescue and firefighting in accordance with the Regulation on the approval of ultralight runways in Article 61 of Regulation N.o 164/2006. It should also make efforts to ensure the presence of a windsock as a means of visual aid to pilots.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Lisboa, 15 de abril de 2021

Lisbon, April 15th, 2021