



REPÚBLICA
PORTUGUESA

MINISTÉRIO DO PLANEAMENTO
E DAS INFRAESTRUTURAS



Jet2.com / G-GDFC



***Embate Com a Cauda na Pista //
Tail Strike***

***Aeroporto da Madeira (LPMA) //
Madeira Airport (LPMA)***

***17 de fevereiro de 2014, 12:23 UTC //
2014, February 17th, 12:23 UTC***

BOEING 737-800

**RELATÓRIO FINAL APROVADO PELO DIRETOR DO GPIAA
FINAL REPORT APPROVED BY GPIAA DIRECTOR
31-12-2016 (ÁLVARO NEVES)**



RELATÓRIO DE

SEGURANÇA GPIAA

Investigação de Ocorrência de Acidente

GPIAA SAFETY REPORT

Accident Occurrence Investigation

02/ACCID/2014

Nota: a fotografia na capa foi tirada por Márcio Sousa (retirada do *website* airliners.net)

Note: the photo on the cover was taken by Márcio Sousa (from airliners.net website)

RELATÓRIO DE SEGURANÇA DE ACIDENTE

ACCIDENT SAFETY REPORT

JET2.COM LTD

BOEING 737-800

G-GDFC

EMBATE COM A CAUDA NA PISTA || TAIL STRIKE

AEROPORTO DA MADEIRA || MADEIRA AIRPORT

LPMA

PORTUGAL

17 de fevereiro de 2015 - 12:23 UTC

2014, February 17th - 12:23 UTC

02/ACCID/2014

Publicação || Published by:

GPIAA – Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves
Portugal Safety Accident Investigation Board

Endereço || Postal Address:

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

Telefones || Telephones:

+ 351 21 273 92 30
+ 351 915 192 963 / +351 272 739 255 (24 horas) / 707 284 637 (707 AVIÕES)
(Notificação de incidentes e acidentes)

Fax + 351 21 273 92 60

Email : investigacao@gpaaa.gov.pt

Internet: www.gpaaa.gov.pt

No interesse de aumentar o valor da informação contida nesta publicação é permitido baixar, imprimir, reproduzir e distribuir este material reconhecendo o GPIAA – Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves como a fonte. No entanto, direitos de autor sobre o material obtido a partir de outras agências, indivíduos ou organizações privadas, pertencem a essas agências, indivíduos ou organizações. Onde for pretendido usar o seu material será necessário contactá-los diretamente.

In the interest of enhancing the value of the information contained in this publication you may download, print, reproduce and distribute this material acknowledging the GPIAA – Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves as the source. However, copyright in the material obtained from other agencies, private individuals or organizations, belongs to those agencies, individuals or organizations. Where you want to use their material you will need to contact them directly.

Governo de Portugal

Secretaria de Estado da Infraestruturas, Transportes e Comunicações

GPIAA 2016

PREFÁCIO || FOREWORD

A investigação técnica é um processo conduzido com o 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) Nº 996/2010 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20/10/2010, e com o nº 3 do art.º 11º do Decreto-lei Nº 318/99, de 11 de Agosto, a investigação técnica não tem por objetivo o apuramento de culpas ou a determinação de responsabilidades.

Este relatório foi preparado, somente, para efeitos de prevenção de acidentes.

Safety investigation is a technical process aiming to 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 Nr. 996/2010 from the European Parliament and Council (20th OCT 2010) and article 11 nº 3 of Decree-Law nº 318/99 (11th AUG 1999), the sole purpose of this investigation is to prevent aviation accidents. It is not the purpose of any such investigation process and the associated investigation report to apportion blame or liability.

The only aim of this technical report is to collect lessons which may help to prevent future accidents.

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

Em caso de discrepâncias, o texto em Português terá prevalência.

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

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

ÍNDICE || TABLE OF CONTENTS

TÍTULO TITLE	PÁGINA PAGE
PREFÁCIO FOREWORD.....	5
ÍNDICE TABLE OF CONTENTS	6
SINOPSE SYNOPSIS.....	8
GLOSSÁRIO GLOSSARY.....	9
INFORMAÇÃO FACTUAL FACTUAL INFORMATION.....	12
1.1. História do Voo History of the Flight	12
1.2. Lesões Injuries.....	13
1.3. Danos na Aeronave Damage to Aircraft	14
1.4. Outros Danos Other Damage.....	17
1.5. Pessoas envolvidas Personnel Information	18
1.6. Informação Sobre a Aeronave Aircraft Information.....	19
1.6.1. Generalidades General	19
1.6.2. Navegabilidade e Manutenção Airworthiness and Maintenance	20
1.6.3. Massa e Centragem Mass and Balance	20
1.6.4. Combustível Fuel	21
1.6.5. Desempenho Performance.....	21
1.7. Informação Meteorológica Weather Information.....	21
1.8. Ajudas à Navegação Aids to Navigation	22
1.9. Comunicações Communications.....	22
1.10. Informação do Aeroporto Airport Information	23
1.10.1. Categorização do Aeroporto Airport Categorisation.....	25
1.10.3. Informação do Vento no Aeroporto da Madeira Wind Information at Madeira Airport.....	27
1.11.1. Gravador de Áudio do Cockpit Cockpit Voice Recorder	28
1.11.1.1. Descrição Description	28
1.11.1.2. Conteúdo do Gravador de Áudio Audio Recording Content	29
1.11.2. Gravador de Dados de Voo (FDR) Flight Data Recorder (FDR)	29
1.11.2.1. Descrição Description	29
1.11.2.2. Conteúdo do Gravador de Dados de Voo Flight Data Recorder Content.....	30

1.12. Informação Sobre os Destroços e Impactos Wreckage and Impact Information.....	31
1.13. Informação Médica e Patológica Medical and Pathological Information	31
1.14. Incêndio Fire	31
1.15. Sobrevivência Survival Aspects.....	31
1.16. Ensaios e Pesquisas Tests and Research.....	31
1.17. Informação da Organização e Gestão Organizational and Management Information	31
1.18. Informação Adicional Additional Information	32
1.18.1. Dados da Aproximação e Aterragem da Aeronave Aircraft Approach and Landing Data.....	32
1.18.1.1. Recomendações para Aproximação Estabilizada Stabilized Approach Recommendations ...	32
1.18.1.2. Perfil do <i>Flare</i> na Aterragem Landing Flare Profile.....	34
1.18.1.3. VREF VREF.....	34
1.18.1.4. Atitude de Aterragem Normal Normal Touchdown Attitude.....	35
1.18.1.5. Recuperação de Aterragem com Ressalto Bounced Landing Recovery	37
1.18.1.6. Acionamento dos Speedbrakes Speedbrakes Deployment.....	37
1.18.1.7. Indicador de Ladeira de Aproximação de Precisão Precision Approach Path Indicator.....	38
1.18.2. Regulamentação do Aeródromo Local Local Aerodrome Regulations.....	40
1.18.3. Relato do Comandante Commander Report	43
1.18.4. Informação Gravada Relevante Relevant Recorded Information	45
1.19. Técnicas de Investigação Utilizadas Useful or Effective Investigation Techniques	46
2. ANÁLISE ANALYSIS	47
2.1. Aproximação e Aterragem da Aeronave Aircraft Approach and Landing	47
3. CONCLUSÕES CONCLUSIONS.....	51
3.1. Factos Estabelecidos Findings.....	51
3.2. Causas Causes	53
3.3. Factores Contributivos Contributing Factors.....	53
4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA SAFETY RECOMENDATIONS.....	54
5. AÇÃO PREVENTIVA JÁ TOMADA PREVENTIVE ACTION ALREADY TAKEN	55

SINOPSE || SYNOPSIS

Data do Acidente || Date of the Accident

17-02-2014 12:23 UTC¹

Local do Acidente || Site of the Accident

Aeroporto da Madeira (LPMA) || Madeira Airport (LPMA)

Tipo de Voo || Type of Flight

Transporte Aéreo Comercial || Commercial Air Transport

Pessoas a Bordo || People on Board

Tripulantes || Flight crew: 6

Passageiros || Passengers: 176

Aeronave || Aircraft

BOEING 737-800, G-GDFC

Proprietário || Owner

JET2.COM LTD

Operador || Operator

JET2.COM LTD

Lesões || Injuries

Nenhuma || None

Uma aeronave Boeing 737-800, com o registo G-GDFC, com 6 tripulantes e 176 passageiros a bordo, efectuava um voo de transporte aéreo comercial de passageiros entre o Aeroporto de Leeds Bradford (EGNM) e o Aeroporto da Madeira (LPMA).

O voo decorreu com normalidade até à fase de aproximação onde a aeronave se deparou com condições de vento variável, quer em intensidade quer em direcção. Na aterragem, após um primeiro contacto do trem de aterragem principal na superfície da pista 05, a aeronave ressaltou e no contacto subsequente a cauda da aeronave embateu na superfície da pista, causando danos estruturais significativos.

A Boeing 737-800 aircraft, registration G-GDFC, with 6 crew members and 176 passengers on board, was operating a passenger commercial air transport flight from Leeds Bradford Airport (EGNM) bound for Madeira Airport (LPMA).

The flight evolved uneventfully until the approach phase where the aircraft encountered variable wind, both in intensity and direction. On landing, after a first contact of the main landing gear on runway 05 surface, the aircraft bounced and in the subsequent contact the tail of the aircraft struck the runway surface, causing significant structural damage.

¹ Todas as horas referidas neste relatório, salvo indicação em contrário, são horas UTC. || All times referred in this report, unless otherwise specified, are UTC time.

GLOSSÁRIO || GLOSSARY

°	Graus Degrees
°C	Graus Celsius Celsius Degrees
g	Força-g g-Force
AC	Alternating Current
ACFT	Aircraft
ACP	Audio Control Panel
AFE	Above Field Elevation
AGL	Above Ground Level
AIP	Aeronautical Information Publication
AOC	Air Operator Certificate
AOM	Aircraft Operations Manual
A/P	Auto Pilot
A/T	Auto Throttle
ATC	Air Traffic Control
ATIS	Automatic Terminal Information Service
ATO	Approved Training Organization
ATS	Air Traffic Services
CAT	Commercial Air Transport
CCM	Cabin Crew Member
COA	Certificado de Operador Aéreo
CVR	Cockpit Voice Recorder
FDR	Flight Data Recorder
DME	Distance Measuring Equipment
FCOM	Flight Crew Operating Manual
FCTM	Flight Crew Training Manual

FDR	Flight Data Recorder
fpm	feet per minute
ft	Pés Feet
GPIAA	Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves
HAT	Height Above Threshold
IAS	Indicated Air Speed
ICAO	International Civil Aviation Organization
IMC	Instrument Meteorological Conditions
INAC	Instituto Nacional da Aviação Civil
kg	Quilogramas Kilograms
MAC	Mean Aerodynamic Chord
MCP	Mode Control Panel
METAR	Meteorological Aerodrome Report
NDB	Non-Directional Beacon
NG	Next Generation
OM	Operations Manual
PAPI	Precision Approach Path Indicator
PF	Pilot Flying
PIC	Pilot In Command
PM	Pilot Monitoring
P/N	Part Number
QFE	Pressão atmosférica ao nível da elevação do aeródromo (ou da soleira) Atmospheric pressure at aerodrome elevation (or at runway threshold)
QNH	Pressão atmosférica standard (para cálculo altimétrico) Altimeter sub-scale setting to obtain elevation when on the ground
QRH	Quick Reference Handbook
RA	Radio Altimeter

RIPS	Recorder Independent Power Supply
RWY	Runway
THR	Threshold
S/N	Serial Number
SOP	Standard Operation Procedure
SSCVR	Solid State Cockpit Voice Recorder
SSFDR	Solid State Flight Data Recorder
STA	Station
TSO	Time Since Overhaul
TSN	Time Since New
TWR	Tower
AAIB	Air Accidents Investigation Branch
UTC	Universal Time Coordinated
V	Volt
VDL	O piloto deverá usar lentes correctivas e ter consigo um par de óculos de reserva The pilot shall wear corrective lenses and carry a spare set of spectacles
VHF	Very High Frequency
VOLMET	Informação meteorológica para aeronaves em voo Meteorological information for aircraft in flight
VOR	VHF Omnidirectional Range

INFORMAÇÃO FACTUAL || FACTUAL INFORMATION

1.1. História do Voo || History of the Flight

Na manhã do dia 17 de Fevereiro de 2014 uma aeronave Boeing 737-800, com registo G-GDFC e indicativo LS389, operada pela companhia Jet2.com, descolou do Aeroporto de Leeds Bradford (EGNM) para um voo comercial regular, tendo como destino final o Aeroporto da Madeira (LPMA).

A descolagem de Leeds Bradford ocorreu às 08:05 UTC, tendo o voo decorrido com normalidade até à aterragem na pista 05 do Aeroporto da Madeira, cerca das 12:23 UTC.

Neste voo seguiam 182 pessoas a bordo, compostas por 6 tripulantes e 176 passageiros. O piloto comandante (PIC) estava sentado à esquerda como piloto a voar (PF) e o co-piloto estava sentado à direita como piloto a monitorar (PM).

Devido ao congestionamento de tráfego à chegada ao Aeroporto da Madeira, foi reportado pelo ATC um atraso estimado de 20 minutos. Enquanto em espera (no ponto de referência ABUSU), uma outra aeronave realizou uma tentativa de aproximação à pista 23. Inicialmente descontinuou a aproximação e de seguida aterrou com sucesso na pista 05. Depois a aeronave que aterrou antes do LS369 reportou turbulência moderada sobre a cabeceira da pista 05 durante os últimos 150 pés.

Às 12:16, a aeronave G-GDFC deu início à aproximação DVOR da pista 05. Após a passagem pela respectiva cabeceira, a aeronave tocou com o trem de aterragem principal arduamente na pista, ressaltou para o ar e permaneceu a voar aproximadamente a 8 pés AGL e por cerca de 300 metros de distância.

Durante o segundo contacto com a pista, a cauda da aeronave embateu na superfície da mesma.

On the morning of the 17th of February 2014 a Boeing 737-800 aircraft, registration G-GDFC and call sign LS389, operated by Jet2.com airline, departed from Leeds Bradford Airport (EGNM) for a scheduled commercial flight, having Madeira Airport (LPMA) as final destination.

The take-off from Leeds Bradford occurred at 08:05 UTC, having the flight evolved normally until the landing on Madeira Airport runway 05, around 12:23 UTC.

In this flight there were 182 people on board, consisting of 6 crew members and 176 passengers. The pilot-in-command (PIC) was seated on the left as pilot-flying (PF) and the first officer (FO) was seated on the right as pilot monitoring (PM).

Due to traffic congestion when arriving at Madeira Airport, a 20 minute estimated delay was passed by ATC. Whilst holding (at waypoint ABUSU), another aircraft attempted an approach to runway 23. Initially it discontinued the approach and then successfully landed on runway 05. Then the aircraft that landed ahead of LS369 reported moderate turbulence over runway 05 threshold during the last 150 feet.

At 12:16, the aircraft G-GDFC commenced the DVOR approach to runway 05. After crossing the respected threshold, the aircraft touched the runway hard with its main landing gear, bounced back into the air and kept flying approximately at 8 feet AGL and for about 300 meters distance.

During the second contact with the runway, the tail of the aircraft struck its surface.

O ATC informou a tripulação do embate com a cauda e o Serviço de Socorros local confirmou os danos na aeronave e uma marca de 10 metros no pavimento da pista.

Em seguida a aeronave rolou pelos seus próprios meios para um *stand* onde parou os motores em segurança e posteriormente a tripulação contactou a companhia Jet2.com que, por sua vez, notificou a AAIB e o GPIAA acerca do acidente.

ATC informed the crew of the tail strike and the local Rescue Service confirmed the damage on the aircraft and a 10 meter mark on the runway surface.

Then the aircraft taxied by its own means to a stand in order to safely shut down the engines and then the crew contacted Jet2.com airline which in turn notified the AAIB and GPIAA about the accident.

1.2. Lesões || Injuries

Lesões Injuries	Tripulantes Crew	Passageiros Passengers	Outros Others
Mortais Fatal:	0	0	0
Graves Serious:	0	0	0
Ligeiras-Nenhumas Minor-None:	6	176	0

1.3. Danos na Aeronave || Damage to Aircraft

Numa inspeção visual preliminar foram detetadas algumas deformações (esfolamento) da superfície exterior da fuselagem e um desgaste significativo do patim de cauda (Figura 1).

In a preliminary visual inspection some deformations were detected (galling) on the outer surface of the fuselage and significant wear on the tail skid (Figure 1).

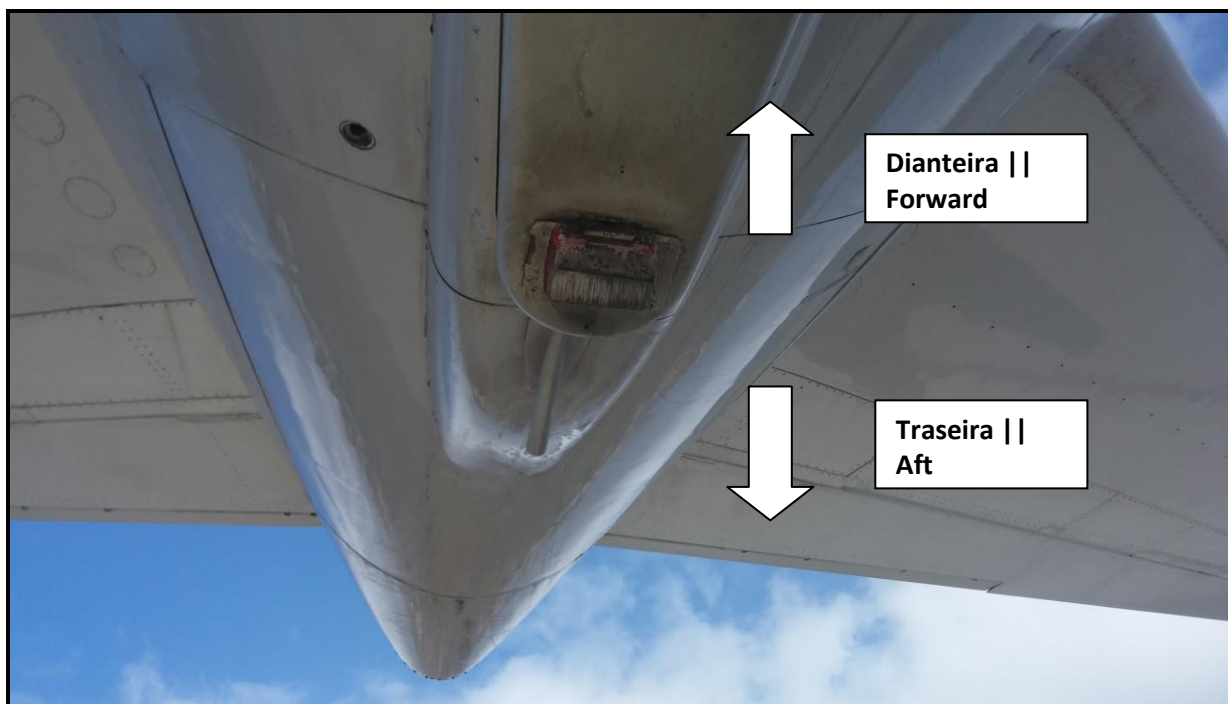


Figura 1 || Figure 1

Uma inspeção minuciosa (Figura 2), efetuada pelos serviços de manutenção, revelou a existência de um dreno deformado por atrito com a superfície da pista (Figura 3) bem como algumas escoras dobradas na estrutura interior da cauda, tendo sido encontradas cinco fissuras em duas longarinas e a escora diagonal fracturada (Figura 4).

A thorough inspection (Figure 2), performed by the maintenance services, revealed the existence of a deformed drain by frictional abrasion with the runway surface (Figure 3) as well as some bent struts on the inner structure of the tail, having been found five cracks in two stringers and the diagonal anchor fractured (Figure 4).



Figura 2 || Figure 2



Figura 3 || Figure 3



Figura 4 || Figure 4

Descrição dos danos/reparação da aeronave

Description of damage/repair of the aircraft

46 SECTION		
1.	1.	Skin panel, STA 727-888, S23L to S23R.
2.	2.	Splice strap at STA 887.
3.	3.	Stringer 27L from STA 847-887.
4.	4.	Stringer 27R from STA 847-887.
5.	5.	Frame at STA 847.
6.	6.	Frame at STA 867.
7.	7.	Frame at STA 887.
8.	8.	Shear ties from STA 847-887.
9.	9.	Stringer clips from STA 847-887.
10.	10.	Intercostal and stabilizer strap, STA 847-867 c/t S27R, RBL 6.
11.	11.	Body drains from STA 727-888.
47 SECTION		
12.	12.	Skin panel, STA 888-1016.
13.	13.	Frame at STA 907.
14.	14.	Frame at STA 927.
15.	15.	Shear ties from STA 907-927.
16.	16.	Stringer clips from STA 907-927.
17.	17.	Stringer 27L from STA 887-927.
18.	18.	Stringer 27R from STA 887-927.
19.	19.	Drain mast, STA 986-1006, S24L to S25L.
20.	20.	Body drains from STA 888-1016.
48 SECTION		
21.	21.	Tail skid cartridge shoe at STA 1050; include cartridge.

1.4. Outros Danos || Other Damage

O asfalto ficou com algumas marcas contínuas visíveis como consequência do embate com a cauda na superfície da pista.

The asphalt got some continuous visible marks as a consequence of the tail strike.

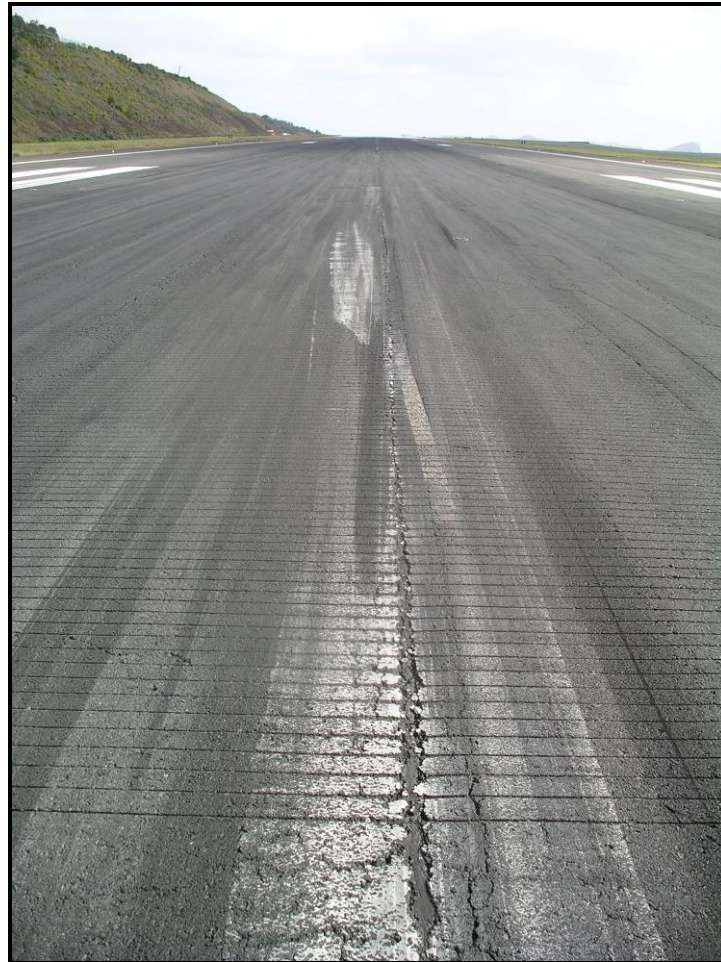


Figura 5 || Figure 5

1.5. Pessoas envolvidas || Personnel Information

1.5.1. Tripulação Técnica de Voo || Flight Crew

A tripulação técnica de voo era constituída por dois pilotos:

- o Comandante na função de PF; e
- o Co-piloto na função de PM.

O Comandante, de sexo masculino, tinha 41 anos à data do acidente e era de nacionalidade Inglesa.

O Co-piloto, de sexo masculino, tinha 25 anos à data do acidente e era de nacionalidade Inglesa.

Dos seus documentos pessoais foram recolhidas as seguintes referências:

The flight crew was constituted by two pilots:

- the Commander as PF; and
- the First-officer as PM.

The Commander, male, was 41 years old at the date of the accident and detaining British nationality.

The Co-pilot, male, was 25 years old at the date of the accident and detaining British nationality.

From their personal documents the following references were collected:

Referências References	Comandante Commander	Co-Piloto First-Officer
Identificação Identification		
Licença License:	ATPL(A)	CPL(A)
Validade Valid until:	N/A	04-05-2014
Qualificações Qualifications:	B737 300-900/IR/LV	B737 300-900/IR/LV
Proficiência de Inglês English Proficiency:	ICAO Nível 6 Level 6	ICAO Nível 6 Level 6
Validade Valid until:	Valid for life	Valid for life
Último exame médico Last medical check-up:	19-03-2013	13-08-2013
Validade Classe A Class A Validity:	31-12-2014	04-05-2014
Limitações Limitations:	VDL	Nenhuma Nil

Experiência de voo Flight experience	Comandante Commander		Co-Piloto First-Officer	
Horas de voo totais Total flight hours	7869:12		1392:45	
Tipo Type	B737-300	B737-800	B737-300	B737-800
Horas de voo no tipo Flight hours on type:	6937:59	72:49	-	-
Últimos 90 dias Latest 90 days:	48:34	04:15	25:39	22:07
Últimos 28 dias Latest 28 days:	10:57	04:15	06:05	04:15
Últimos 7 dias Latest 7days:	07:05	04:15	06:05	04:15
Últimas 24 horas Latest 24 hours:	05:38	04:15	06:05	04:15

1.6. Informação Sobre a Aeronave || Aircraft Information

1.6.1. Generalidades || General

O B737-800 NG é uma aeronave de asa baixa, na categoria de transporte e fabricada nos Estados Unidos da América pela Boeing. A aeronave está equipada com dois motores a reacção de alta compressão CFM-56-7B26 e configurada para acomodar até 189 passageiros. A aeronave foi concebida e certificada para ser operada por dois pilotos.

The aircraft B737-800 NG is a low-wing, transport category aircraft and manufactured in the United States of America by Boeing. The aircraft is equipped with two CFM-56-7B26 turbofan engines and configured to seat up to 189 passengers. The aircraft was designed and certified to be operated by two pilots.

Referência Reference	Célula Airframe	Motores Engines	
		# 1	# 2
Fabricante Manufacturer	The Boeing Company	CFM International	
Modelo Model	B737-800K2	CFM-56-7B26	
Número de Série Serial Number	28375	875224	875201
Ano de Fabrico Year of Manufacture	1998	N/A	N/A
TSN	54169:00	49389:57	44899:21
TSO	N/A	7787:00	3059:00
Última Inspeção Last Inspection:	Inspeção diária Daily Check – 16.02.2014		
Última A Check Last A Check	29.01.2014		

1.6.4. Combustível || Fuel

A aeronave tinha sido abastecida antes do voo com 15.050 kg de combustível Jet A1 e chegou ao *stand* de estacionamento em LPMA com cerca de 5.000 kg.

The aircraft was loaded before the flight with 15.050 kg of Jet A1 fuel and arrived at LPMA parking stand with around 5.000 kg.

1.6.5. Desempenho || Performance

Na fase de planeamento do voo, a performance da aeronave cumpria com os requisitos e limitações estabelecidos no Manual de Operações (OM) do Operador e manuais do fabricante da aeronave.

When planning the flight, the aircraft performance complied with the requirements and limitations stated in the Operations Manual (OM) of the Operator and the aircraft manufacturer manuals.

1.7. Informação Meteorológica || Weather Information

Antes do voo, a tripulação avaliou as condições meteorológicas respeitantes à rota do voo e dos aeródromos de partida, destino e alternante. A previsão do tempo para a Madeira era limitativa portanto a tripulação tirou proveito do peso reduzido para carregar combustível adicional (500 kg), permitindo assim seleccionar Tenerife como um alternante.

Before the flight the crew has assessed the meteorological conditions concerning the flight route and the departure, destination and alternate airports. The weather forecast was marginal for Madeira so the crew took advantage of the reduced weight to load additional fuel (500 kg), allowing the selection of Tenerife as an alternate.

Aeroporto de Destino - MADEIRA (LPMA)

Durante o voo e aproximação para aterragem, a tripulação actualizou as condições meteorológicas e da pista através das comunicações com ATS e transmissão do ATIS.

Destination Airport – MADEIRA (LPMA)

During flight and approach for landing, the flight crew was able to up-date the weather and runway conditions using ATS communications and ATIS transmission.

O reporte meteorológico (METAR) para o Aeroporto da Madeira no dia 17.02.2014, que cobria o período das 12:00 UTC até às 12:30 UTC, era:

The meteorological report (METAR) for Madeira Airport on 17.02.2014, which covered the period from 12:00 UTC until 12:30 UTC, was:

METAR/SPECI from LPMA, Aeroporto Da Madeira (Portugal).	
SA	17/02/2014 METAR LPMA 171330Z 34014627KT 270V030 9999 SCT016 18/08 Q1016 13:30-> RS32010G26KT 0535019KT 2334017G28KT=
SA	17/02/2014 METAR LPMA 171300Z 33013624KT 280V010 9999 SCT016 18/10 Q1016 13:00-> RS32013G24KT 0534017KT 2333014KT=
SA	17/02/2014 METAR LPMA 171230Z 33013624KT 270V020 9999 SCT016 19/10 Q1016 12:30-> RS16003KT 0534017G30KT 2334015G26KT=
SA	17/02/2014 METAR LPMA 171200Z VRB11G22KT 9999 SCT016 17/12 Q1016 RS18005KT 12:00-> 0525004KT 2333013KT=
SA	17/02/2014 METAR LPMA 171130Z VRB03KT 9999 BKN016 17/11 Q1017 RS08003KT 11:30-> 0510003KT 2308005KT=
SA	17/02/2014 METAR LPMA 171100Z VRB02KT 9999 SCT016 18/11 Q1017 RS09002KT 11:00-> 0511002KT 2325003KT=

Em rota, a tripulação recebeu do VOLMET de Lisboa o METAR das 11:00 UTC:

En route, the crew collected the 11:00 UTC METAR from Lisbon VOLMET:

171100Z VRB02KT 9999 SCT1600 18/11 1017 RS090/02KT 05110/02KT 23250/03KT

Aquando da espera antes da aproximação, o MADEIRA ATIS (informação INDIA) indicava:

Whilst holding prior to the approach, MADEIRA ATIS (information INDIA) indicated:

VOR05 Approach Wind VRB03KT 9999 BKN1600 17/11 1017 RS080/03KT 05110/03KT 23080/05KT

Um *wind check* final foi transmitido pela torre à aeronave aproximadamente 2 minutos antes da aterragem na pista 05:

A final wind check was passed by the TWR to the aircraft at approximately 2 minutes before touchdown on runway 05:

Wind 350 220V020/13KT gusting 24KT runway 05

1.8. Ajudas à Navegação || Aids to Navigation

Aquando do acidente o Aeroporto da Madeira estava equipado com um VOR/DME e um NDB (ajudas-rádio à navegação e aterragem) que estavam operativos quando a aeronave realizou a aproximação e aterragem na pista 05.

At the time of the accident Madeira Airport was equipped with a VOR/DME and a NDB (navigation and landing aids) which were operative when the aircraft accomplished the approach and landing on runway 05.

1.9. Comunicações || Communications

As comunicações entre os controladores ATC do Aeroporto da Madeira e a tripulação da aeronave foram asseguradas por transmissores-receptores de rádio em VHF.

Communications between ATC controllers at Madeira Airport and aircraft flight crew were assured by VHF radio transceivers.

As comunicações foram disponibilizadas e analisadas pelo GPIAA e não continham informação relevante para o acidente.

The communications were made available and analysed by GPIAA and did not contain any information relevant to the accident.

1.10. Informação do Aeroporto || Airport Information

O acidente ocorreu durante a aterragem na pista 05 do Aeroporto da Madeira.

The accident occurred when landing on runway 05 at Madeira Airport.

LOCALIZAÇÃO

Ilha do Funchal – Arquipélago da Madeira
Atlântico Norte

LOCATION

Funchal Island – Madeira Archipelago
North Atlantic

DADOS DE REFERÊNCIA

Latitude: 32 41 39N
Longitude: 016 46 41W

REFERENCE DATA

Latitude: 32 41 39N
Longitude: 016 46 41W

RWY

Comprimento: 2481 m / 8140 ft
Largura: 45m / 148ft
Elevação: 58.22m / 191ft

RWY

Length: 2481m / 8140ft
Width: 45m / 148ft
Elevation: 58.22m / 191ft

THR Coordenadas:

THR 05: 324123.76N 0164701.50W
Elevação 44m

THR Coordinates:

THR 05: 324123.76N 0164701.50W
Elevation 44m

THR 23: 324221.03N 0164554.54W
Elevação 58m

THR 23: 324221.03N 0164554.54W
Elevation 58m

Ondulação do Geóide: 49m

Geoid Undulation: 49m

Temperatura de referência: 26.1°C (Agosto)

Ref. Temperature: 26.1°C (August)

Varição Magnética: 05° W (2013)

Magnetic Variation: 05° W (2013)

Varição Anual: 0.13° Decrescente

Annual change: 0.13° Decreasing

RWY 05

Rumo Magnético: 051°
Ladeira do PAPI: 3°

RWY 05

Magnetic Heading : 051°
PAPI Slope: 3°

INFORMAÇÃO ADICIONAL

O Aeroporto está localizado num planalto na costa Este da Ilha da Madeira, com uma subida abrupta do terreno no lado oposto à costa. Este facto gera, muito frequentemente, variações na intensidade do vento e turbulência bem como cisalhamento severo do vento a baixa altitude e/ou rajadas.

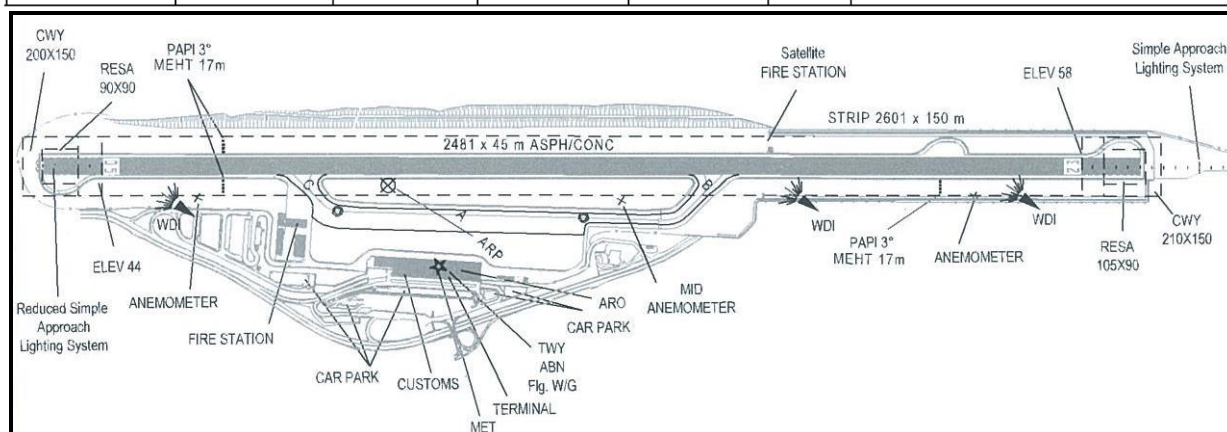
ADDITIONAL INFORMATION

The Airport is located on a plateau on the East coast of Madeira Island. Except for the seaside, ground raises rapidly very closed to it. This fact generates, very often, wind variation and turbulence. Also severe low altitude wind shear conditions and/or micro burst are likely to be encountered.

LPMA AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations	TRUE BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR COORD RWY End COORD THR Geoid Undulation	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APP RWY	Slope of RWY/SWY
1	2	3	4	5	6	7
05	044.54	2481x45	PCN 80/F/A/W/T ASPH/CONC	THR 324123.75N 0164701.50W RWY END 324224.50N 0164550.48W GEOID 49M	THR - 44M	See LPMA LPMA AD 2.24.04-1
23	224.54		PCN 80/F/A/W/T ASPH/CONC	THR 324221.03N 0164554.54W RWY END 324120.28N 0164705.57W GEOID 49M	THR 23 - 58M	

Designations	SWY dimensions (M)	CWY dimensions (M)	Strip dimensions (M)	RESA	OFZ	Remarks
1	8	9	10	11	12	13
05	NIL	210x150	2601x150	105x90 ASPH/CONC	NIL	RWY FCT CLBR: 0.68 Runway 05/23 grooved between thresholds, 30 meters wide (15 meters each side of centerline)
23		200x150		90x90 ASPH/CONC		



1.10.1. Categorização do Aeroporto || Airport Categorisation

O Aeroporto da Madeira é um aeroporto, devido às suas características, de Categoria C (CAT C).

Madeira Airport it's a Category C (CAT C) airport, given its characteristics.

Categoria A

Um aeroporto nesta categoria cumpre todos os seguintes requisitos:

1. Procedimento de aproximação por instrumentos aprovado;
2. Pelo menos uma pista sem procedimento limitado por performance para descolagem e/ou aterragem;
3. Mínimos de *circling* publicados não superiores a 1000 pés;
4. Capacidade para operações nocturnas.

Category A

An airport in this category satisfies all of the following requirements:

1. An approved instrument approach procedure;
2. At least one runway with no performance limited procedure for take-off and/or landing;
3. Published circling minima not higher than 1000 feet;
4. Night operations capability.

Categoria B

Um aeroporto desta categoria não cumpre com todos os requisitos da Categoria A ou requiere considerações adicionais tais como:

1. Ajudas à aproximação e/ou circuitos de aproximação *Não Standard*; ou
2. Condições meteorológicas locais excepcionais; ou
3. Características excepcionais ou limitações de performance; ou
4. Qualquer outra consideração relevante incluindo obstruções, traçado físico, iluminação, etc.

Category B

An airport of this category does not satisfy all of the Category A requirements or requires extra considerations such as:

1. Non Standard Approach aids and/or approach patterns; or
2. Unusual local weather conditions; or
3. Unusual characteristics or performance limitations; or
4. Any other relevant consideration including obstructions, physical layout, lighting, etc.

Categoria C

Um aeroporto da Categoria C requiere considerações adicionais a um aeroporto da Categoria B e é considerado como representar certos problemas para a aproximação e/ou aterragem e/ou descolagem.

Category C

A Category C airport requires additional considerations to a Category B airport and is considered to pose certain problems for the approach and/or landing and/or take-off.

À noite as luzes de aproximação à pista 05 devem estar ligadas. Se as luzes falharem antes da aeronave se encontrar em tal posição, sobre essas luzes, que assegurem que a elevação do terreno no seu lado esquerdo será evitada, deverá ser iniciada a descontinuação da aproximação (volta pela direita).

At night the runway 05 approach lights must be on. If those lights fail before the aircraft is in such a position, over those lights, that will ensure that the high ground on their left side will be avoided, a missed approach (right turn) should be initiated.

O PAPI deve ser seguido. Está ajustado para definir 3° de ladeira de descida cruzando a soleira a 57 pés.

PAPI should be followed. They are set to define a 3° descent path crossing the threshold at 57 feet.

NOTA: Devido a terreno elevado, é recomendada prudência para evitar o desvio à esquerda da trajectória das luzes de aproximação para a pista 05.

NOTE: Due to high terrain, caution should be exercised to avoid flying left of approach lights path to runway 05.

1.10.3. Informação do Vento no Aeroporto da Madeira || Wind Information at Madeira Airport

O vento é medido por 4 anemómetros e é providenciado automaticamente ao Controlador de Tráfego Aéreo através do sistema de visualização meteorológico – VAISALA.

The wind is measured by 4 anemometers and is provided automatically to the Air Traffic Controller via the meteorological visualization system – VAISALA.

Os 4 anemómetros estão localizados, respectivamente, no ROSARIO; próximo da soleira/zona de aterragem da pista 05; próximo do caminho de rolagem Bravo (MID); e próximo da soleira/zona de aterragem da pista 23.

The 4 anemometers are located, respectively, at ROSARIO; near runway 05 threshold/touchdown zone; near taxiway Bravo (MID); and near runway 23 threshold/touchdown zone.

O vento a fornecer será sempre o vento da média dos últimos 2 minutos conforme preconizado no Anexo 3 da ICAO.

The wind to be provided shall be the wind of the mean of the last 2 minute as prescribed on ICAO Annex 3.

1.11. Gravadores de Voo || Flight Recorders

A aeronave estava equipada com CVR e FDR:

The aircraft was equipped with CVR and FDR:

UNIT	MANUFACTURER	MODEL	P/N	S/N
SSFDR	HONEYWELL	HFR5-D	980-4700-042	3148
SSCVR	HONEYWELL	HFR5-C	980-6022-001	1270

1.11.1. Gravador de Áudio do Cockpit || Cockpit Voice Recorder

1.11.1.1. Descrição || Description

O gravador áudio do *cockpit* (Figura 6) utiliza quatro canais independentes para gravar o áudio do *cockpit* durante 120 minutos. Gravações anteriores aos últimos 120 minutos são automaticamente apagadas. Um canal grava as conversas do *cockpit* utilizando o microfone de área. Os outros canais gravam saídas individuais de áudio do ACP (auscultadores) e transmissões para os pilotos e observador.

O RIPS (fonte independente de energia do gravador) fornece energia ao gravador de áudio do *cockpit* durante 10 minutos depois da energia da aeronave ser interrompida quer seja desligada por procedimento normal ou por qualquer outra perda de energia.

O microfone de área é ativado sempre que 115V AC são aplicados na aeronave.

The cockpit voice recorder (Figure 6) uses four independent channels to record flight deck audio for 120 minutes. Recordings older than 120 minutes are automatically erased. One channel records flight deck conversations using the area microphone. The other channels record individual ACP output audio (headset) and transmissions for the pilots and observer.

The RIPS (Recorder Independent Power Supply) provides power to the cockpit voice recorder for 10 minutes after aircraft power is interrupted either by normal shutdown or by any other loss of power.

The area microphone is activated every time 115V AC is applied to airplane.



Figura 6 || Figure 6

1.11.1.2. Conteúdo do Gravador de Áudio || Audio Recording Content

Os registos áudio obtidos do CVR estavam em boas condições.

The audio recordings obtained from the CVR were in good conditions.

O Apêndice 1 contém um resumo das comunicações transcritas mais significativas entre o ATC e o LS369 desde o momento em que a aeronave foi autorizada a iniciar a aproximação até à confirmação dos danos estruturais sofridos após a aterragem.

Appendix 1 contains a summary of the most relevant reproduced communications between ATC and LS369 from the moment the aircraft was cleared to commence the approach until the confirmation of the structural damage sustained after landing.

1.11.2. Gravador de Dados de Voo (FDR) || Flight Data Recorder (FDR)

1.11.2.1. Descrição || Description

O FDR (Figura 7) fornece um registo permanente de informação operacional e dos sistemas incluindo o tempo, rumo, altitude, velocidade, aceleração, atitude, potência do motor e a posição das superfícies de controlo de voo.

The FDR (Figure 7) provides a permanent record of operational and systems information including time, heading, altitude, airspeed, acceleration, attitude, engine thrust and flight control surface position.

O gravador é um dispositivo de estrutura sólida e está em conformidade com os requisitos da FAA e da EASA para as taxas de amostragem de dados e o número/tipo de parâmetros amostrados.

The recorder is a solid state device and complies with FAA and EASA requirements for data sampling rates and number/type of parameters sampled.

As informações operacionais e dos sistemas são gravadas automaticamente sempre que o gravador de parâmetros de voo é energizado.

Operational and systems information are automatically recorded whenever the flight recorder is powered.

O FDR tem as seguintes características:

- Regista continuamente os dados de voo mais recentes, gravando os dados mais atuais para as últimas 25 horas de operação;
- O FDR está alojado num recipiente fechado localizado atrás de uma porta de acesso, no tecto da área mais traseira da cabine;
- Resistente a corrosão, fogo e impactos, sobrevive à pressão no fundo do mar até 13.451 pés (4.100 m);
- Emissor localizador operativo durante 30 dias;
- Receptáculo para descarregar e copiar dados para análise.

The FDR has the following features:

- Continuously records the most recent flight data, saving the most current data for the last 25 hours of operation;
- The FDR is housed in a sealed container located behind an access door in the far aft cabin ceiling;
- Corrosion, fire and impact resistant, survives deep sea pressure to 13.451 feet (4.100 m);
- Locator beacon operable for 30 days;
- Receptacle for downloading and copying data for analysis.



Figura 7 || Figure 7

1.11.2.2. Conteúdo do Gravador de Dados de Voo || Flight Data Recorder Content

O FDR regista dados binários, os quais precisam de ser decodificados para conversão em unidades de engenharia (nós, pés, etc.). Foi usado um equipamento de reprodução em terra e um programa computadorizado para obter resultados num formato legível como, por exemplo, uma folha de cálculo.

No que diz respeito ao voo LS389, o Apêndice 2 reproduz graficamente os parâmetros gravados pelo FDR mais relevantes para a análise do evento, desde os últimos 650 pés (RA) da aproximação até ao momento da desaceleração após a aterragem.

The FDR records binary data, which needs to be decoded for conversion into engineering units (knots, feet, etc.). Ground replay equipment and computer software have been used to output the results in a readable format, as for instance, a spreadsheet.

On which concerns the flight LS389, Appendix 2 graphically reproduces the most relevant FDR recorded parameters for the event analysis, since the last 650 feet (RA) up to the moment of deaccelerating after landing.

1.12. Informação Sobre os Destroços e Impactos || Wreckage and Impact Information

Não houve destroços.

There was no wreckage.

1.13. Informação Médica e Patológica || Medical and Pathological Information

Não foram efectuados testes médicos ou toxicológicos.

No medical or toxicological tests were conducted.

1.14. Incêndio || Fire

Não houve incêndio.

There was no fire.

1.15. Sobrevivência || Survival Aspects

Não aplicável.

Not applicable.

1.16. Ensaios e Pesquisas || Tests and Research

A pesquisa realizada centrou-se na análise do FDR e do CVR.

The performed research focused on FDR and CVR analysis.

1.17. Informação da Organização e Gestão || Organizational and Management Information

A Jet2.com é uma companhia de Transporte Aéreo Comercial de passageiros (CAT) que possui um Certificado de Operador Aéreo (COA), emitido pela Autoridade de Aviação Civil do Reino Unido. Esta operadora está certificada para voos regulares e não regulares e também está certificada como Organização de Treino Aprovada (ATO) responsável por toda a formação e qualificações das tripulações.

Jet2.com is a passenger Commercial Air Transport airliner (CAT) that holds an Air Operator Certificate (AOC) issued by the United Kingdom Civil Aviation Authority. This operator is certified for both scheduled and unscheduled flights and is also a certified Approved Training Organization (ATO) responsible for all flight crew training and qualification.

A qualificação e programas de treino das tripulações da empresa são credenciados e certificados pela Autoridade da Aviação Civil do Reino Unido e cumpre com o B737-800 FCTM.

Company flight crew qualification and training programmes are accredited and certified by United Kingdom Civil Aviation Authority and comply with B737-800 FCTM.

1.18. Informação Adicional || Additional Information

1.18.1. Dados da Aproximação e Aterragem da Aeronave || Aircraft Approach and Landing Data

1.18.1.1. Recomendações para Aproximação Estabilizada || Stabilized Approach Recommendations

737 NG FCTM Capítulo 5

Elementos Recomendados para uma Aproximação Estabilizada

Manter uma velocidade, uma razão de descida e trajectória vertical/lateral estabilizada em configuração de aterragem é comumente referido como conceito de aproximação estabilizada.

Qualquer desvio significativo da trajectória de voo planeada, velocidade ou razão de descida deve ser anunciado. A decisão de executar um *go-around* não é indicação de um fraco desempenho.

Nota: não tentar aterrar na sequência de uma aproximação não estabilizada.

As seguintes recomendações são consistentes com os critérios desenvolvidos pela *Flight Safety Foundation*.

Todas as aproximações devem estar estabilizadas aos 1.000 pés AFE em condições meteorológicas de instrumentos (IMC) e aos 500 pés AFE em condições meteorológicas visuais (VMC).

Uma aproximação é considerada estabilizada quando todos os seguintes critérios são cumpridos:

- a aeronave está na trajectória de voo correcta;
- apenas pequenas alterações no rumo e *pitch* são requeridas para manter a trajectória de voo correcta;

737 NG FCTM Chapter 5

Recommended Elements for a Stabilized Approach

Maintaining a stable speed, descent rate, and vertical/lateral flight path in landing configuration is commonly referred to as the stabilized approach concept.

Any significant deviation from planned flight path, airspeed, or descent rate should be announced. The decision to execute a go-around is no indication of poor performance.

Note: Do not attempt to land from an unstable approach.

The following recommendations are consistent with criteria developed by the Flight Safety Foundation.

All approaches should be stabilized by 1,000 feet AFE in instrument meteorological conditions (IMC) and by 500 feet AFE in visual meteorological conditions (VMC).

An approach is considered stabilized when all of the following criteria are met:

- the airplane is on the correct flight path ;
- only small changes in heading and pitch are required to maintain the correct flight path;

- a aeronave deve estar na velocidade de aproximação. Desvios de +10 nós a -5 nós são aceitáveis se a velocidade estiver a tender para a velocidade de aproximação;
- a aeronave está na configuração para a aterragem correcta;
- a razão de descida não é superior a 1.000 pés por minuto; se uma aproximação requiere uma razão de descida superior a 1.000 pés por minuto, deve ser efectuado um *briefing* extraordinário;
- os parâmetros de potência são apropriados para a configuração do avião;
- todos os *briefings* e *checklists* foram efectuados

Procedimentos especiais de aproximação ou condições anormais que requeiram um desvio dos elementos acima mencionados de aproximação estabilizada requerem um *briefing* extraordinário.

Nota: Uma aproximação que se torna não estabilizada abaixo de 1.000 pés AFE em IMC ou abaixo de 500 pés AFE em VMC requer um *go-around* imediato.

Estas condições devem ser mantidas durante todo o resto da aproximação para que possa ser considerada uma aproximação estabilizada. Se os critérios acima mencionados não puderem ser estabelecidos e mantidos até ao momento do *flare*, uma manobra de *go-around* deve ser iniciada.

Aos 100 pés HAT para todas as aproximações visuais, o avião deve ser posicionado de modo a que o *cockpit* esteja dentro, e com a trajectória a permanecer dentro, do prolongamento dos limites laterais da pista.

A aeronave ao cruzar a soleira da pista deve estar:

- estabilizada na velocidade de aproximação dentro de +10 nós até manter a razão de descida no *flare*;
- numa trajectória de voo estabilizada utilizando manobras normais;

- the airplane should be at approach speed. Deviations of +10 knots to – 5 knots are acceptable if the airspeed is trending toward approach speed;
- the airplane is in the correct landing configuration;
- sink rate is no greater than 1.000 fpm; if an approach requires a sink rate greater than 1.000 fpm, a special briefing should be conducted;
- thrust setting is appropriate for the airplane configuration;
- all briefings and checklists have been conducted;

Unique approach procedures or abnormal conditions requiring a deviation from the above elements of a stabilized approach require a special briefing.

Note: An approach that becomes unstabilized below 1.000 feet AFE in IMC or below 500 feet AFE in VMC requires an immediate go-around.

These conditions should be maintained throughout the rest of the approach for it to be considered a stabilized approach. If the above criteria cannot be established and maintained until approaching the flare, initiate a go-around.

At 100 feet HAT for all visual approaches, the airplane should be positioned so the flight deck is within, and tracking to remain within, the lateral confines of the runway edges extended.

As the airplane crosses the runway threshold it should be:

- stabilized on approach airspeed to within +10 knots until arresting descent rate at flare;
- on a stabilized flight path using normal maneuvering;

- posicionada para fazer uma aterragem normal na zona de toque da pista (os primeiros 3.000 pés ou primeiro terço da pista, o que for menor).

Iniciar uma manobra de *go-around* se os critérios acima mencionados não puderem ser mantidos.

- positioned to make a normal landing in the touchdown zone (the first 3.000 feet or first third of the runway, whichever has a lower value).

Initiate a go-around if the above criteria cannot be maintained.

1.18.1.2. Perfil do *Flare* na Aterragem || Landing Flare Profile

737 NG FCTM Capítulo 6

O seguinte diagrama usa estas condições:

- 3° de perfil de ladeira de aproximação
- a distância do *flare* é aproximadamente 1.000 a 2.000 pés para além da soleira
- os tempos típicos de *flare* para aterragem variam de 4 a 8 segundos e são em função da velocidade de aproximação

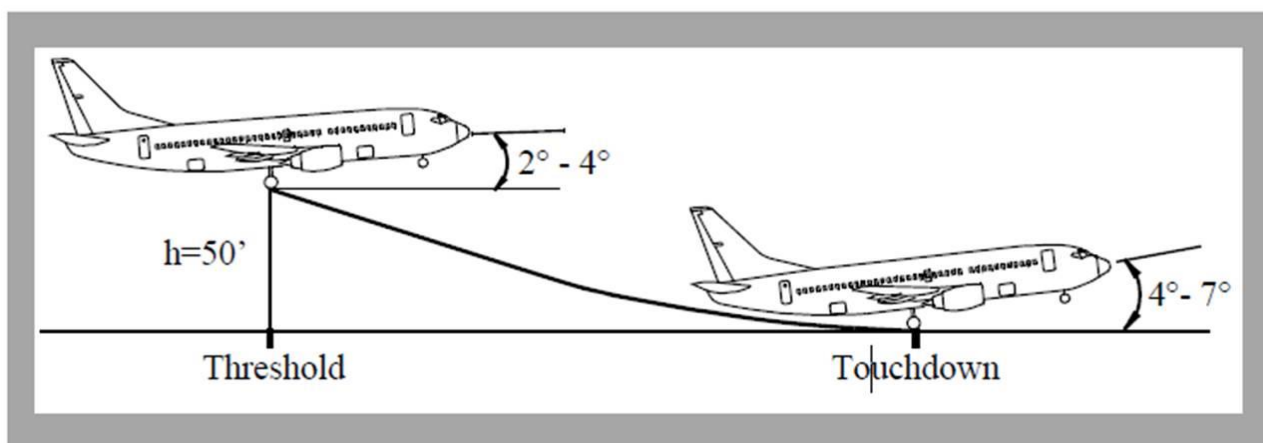
- as atitudes do avião no são baseadas em pesos típicos à aterragem, *Flaps 30*, VREF 30 +5 nós (aproximação) e VREF 30 +0 (aterragem), e devem ser reduzidas em 1° para cada 5 nós acima dessa velocidade.

737 NG FCTM Chapter 6

The following diagram use these conditions:

- 3° approach glide path
- flare distance is approximately 1.000 to 2.000 feet beyond the threshold
- typical landing flare times range from 4 to 8 seconds and are a function of approach speed

- airplane body attitudes are based upon typical landing weights, Flaps 30, VREF 30 +5 knots (approach) and VREF 30 +0 (touchdown), and should be reduced by 1° for each 5 knots above this speed.



1.18.1.3. VREF || VREF

737-800 FCOM Capítulo PI.10.5

A VREF para a aterragem é extraída a partir de dados do fabricante tendo em conta a configuração de *flaps* e a massa à aterragem da aeronave.

737-800 FCOM Chapter PI.10.5

Landing VREF is extracted from manufacturer data taking into account the aircraft "flap setting" and landing mass.

VREF

WEIGHT (1000 KG)	FLAPS		
	40	30	15
85	160	168	177
80	155	163	172
75	151	158	167
70	146	153	161
65	141	148	156
60	135	142	149
55	128	136	143
50	122	129	136
45	115	122	128
40	108	115	121

No caso do LS369, para uma configuração à aterragem de **FLAPS 30** e com uma massa à aterragem de aproximadamente 64.500 kg, pode-se interpolar linearmente da tabela acima uma VREF de 147 nós.

For a landing configuration of **FLAPS 30** and a landing mass of approximately 64.500 kg, it can be linearly interpolated from the above table a VREF of 147 knots.

1.18.1.4. Atitude de Aterragem Normal || Normal Touchdown Attitude

737 NG FCTM Capítulo 6

A figura seguinte ilustra o efeito da velocidade ar na atitude da aeronave aquando da aterragem. Mostra a atitude da aeronave a uma velocidade de aterragem normal (VREF a VREF -5 nós) para *Flaps 30* e *Flaps 40*. A figura também mostra que a aterragem a uma velocidade abaixo da velocidade de aterragem normal, neste caso VREF -10 nós, reduz seriamente a margem de segurança entre a cauda e a pista.

Condições

- Limite de CG dianteiro
- Dia *standard* ao nível do mar
- -150 pés por minuto de razão de descida aquando da aterragem

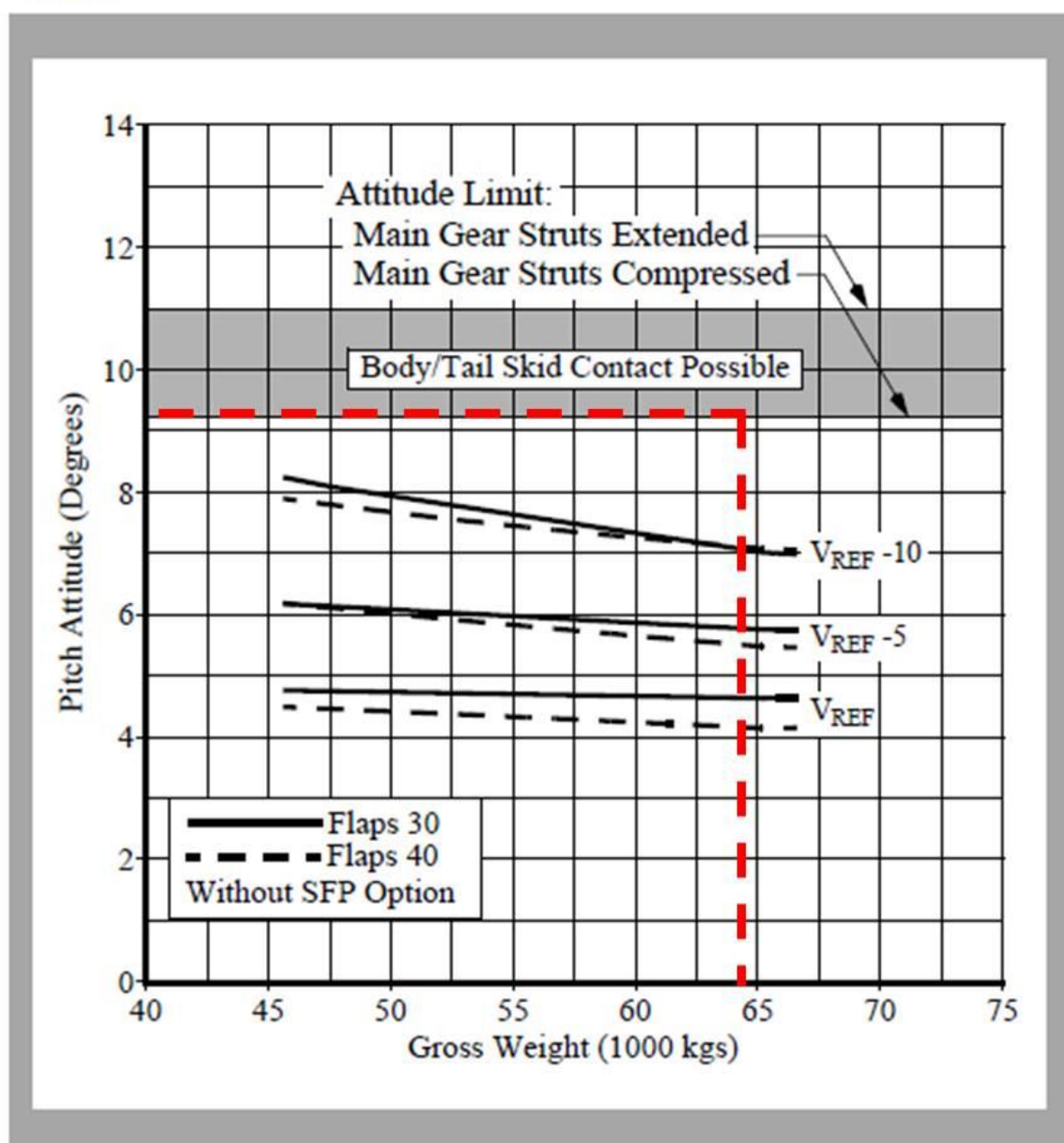
737 NG FCTM Chapter 6

The following figure illustrates the effect of airspeed on airplane attitude at touchdown. It shows airplane attitude at a normal touchdown speed (VREF to VREF - 5 knots) for Flaps 30 and Flaps 40. The figure also show that touchdown at a speed below normal touchdown speed, in this case VREF -10 knots, seriously reduces aft body-runway clearance.

Conditions

- Forward CG limit
- Sea level standard day
- -150 fpm sink rate at touchdown

737-800



A linha vermelha tracejada ilustra as condições observadas no momento do embate com a cauda.

The red dotted line illustrates the conditions observed at the moment of the tail strike.

1.18.1.5. Recuperação de Aterragem com Ressalto || Bounced Landing Recovery

737 NG FCTM Capítulo 6

Se a aeronave ressaltar no primeiro contacto com a superfície da pista, mantenha ou reestabeleça uma atitude normal de aterragem e adicione potência necessária para controlar a razão de descida. Não é necessária a adição de potência num pequeno ressalto.

Quando ocorrer um ressalto elevado e duro, inicie um *go-around*. Aplique potência para *go-around* e utilize os procedimentos usuais para a manobra. Não recolha o trem de aterragem até ser estabelecida uma razão de subida positiva porque um segundo contacto com a pista poderá ocorrer durante o *go-around*.

Se durante o contacto inicial for mantida uma potência acima de *idle*, a activação automática dos *speedbrakes* poderá ficar desactivada mesmo com os *speedbrakes* armados. Isto poderá resultar numa aterragem com ressalto. Durante o ressalto resultante, se as manetes de potência forem recuadas para *idle*, poderá ocorrer a activação automática dos *speedbrakes* resultando na perda de sustentação e num momento de picada de nariz em cima que poderá resultar num embate com a cauda ou aterragem dura no contacto subsequente.

737 NG FCTM Chapter 6

If the aircraft bounces on the first contact with the runway surface, hold or re-establish a normal landing attitude and add thrust as necessary to control the rate of descent. Thrust does not need to be added for a shallow bounce or skip.

When a high, hard bounce occurs, initiate a go-around. Apply go-around thrust and use normal go-around procedures. Do not retract the landing gear until a positive rate of climb is established because a second touchdown may occur during the go-around.

If higher than idle thrust is maintained through initial touchdown, the automatic speedbrake deployment may be disabled even when the speedbrakes are armed. This can result in a bounced landing. During the resultant bounce, if the thrust levers are then retarded to idle, automatic speedbrake deployment can occur resulting in a loss of lift and nose up pitching moment which can result in a tail strike or hard landing on a subsequent touchdown.

1.18.1.6. Acionamento dos Speedbrakes || Speedbrakes Deployment

737-800 FCOM Capítulo NP.21.56

O piloto que está a voar deve manter a mão sobre a manete dos *speedbrakes* quando estes são utilizados no voo. Esta medida previne o esquecimento de os deixar acionados quando não são necessários.

737-800 FCOM Chapter NP.21.56

The PF should keep a hand on the speedbrake lever when the speedbrakes are used in flight. This measure helps prevent leaving the speedbrake extended when no longer required.

O uso dos *speedbrakes* entre a posição *down detent* e *flight detent* pode resultar em razões de rolamento rápidas e portanto deverá ser evitado. Durante a utilização dos *speedbrakes* na descida, deverá haver uma margem de altitude e de velocidade de forma a se conseguir nivelar a aeronave sem qualquer problema.

Os *speedbrakes* devem ser recolhidos antes de se atingir os 1000 pés acima do solo.

Usualmente os *flaps* não são utilizados para aumentar a razão de descida. O uso dos *speedbrakes* com os *flaps* acionados deve ser evitado sempre que possível. Com *flaps* 15 ou maior, os *speedbrakes* devem ser recolhidos. Se as circunstâncias ditarem o uso dos *speedbrakes* com os *flaps* accionados, devem ser evitadas grandes razões de descida durante a aproximação. Os *speedbrakes* devem ser recolhidos até se atingir os 1000 pés acima do solo.

Nota: Durante a aterragem os *speedbrakes* accionam automaticamente se assim seleccionado e certos parâmetros são verificados, incluindo as manetes de potência em *idle* e uma altitude rádio inferior a 10 pés AGL.

Use of speedbrakes between the down detent and flight detent can result in rapid roll rates and normally should be avoided. While using the speedbrakes in the descent allow sufficient altitude and airspeed margin to level off the aircraft smoothly. Lower the speedbrakes before adding thrust.

Speedbrakes must be retracted before reaching 1000 feet AGL.

The flaps are normally not used for increasing the descent rate. The use of speedbrakes with flaps extended should be avoided if possible. With flaps 15 or greater, the speedbrakes should be retracted. If circumstances dictate the use of speedbrakes with flaps extended, high sink rates during the approach should be avoided. Speedbrakes should be retracted by 1000 ft AGL.

Note: During landing the speedbrakes will deploy automatically if selected and certain parameters are met, including thrust levers at idle and radio altitude less than 10 ft AGL.

1.18.1.7. Indicador de Ladeira de Aproximação de Precisão || Precision Approach Path Indicator

737 NG FCTM Capítulo 6

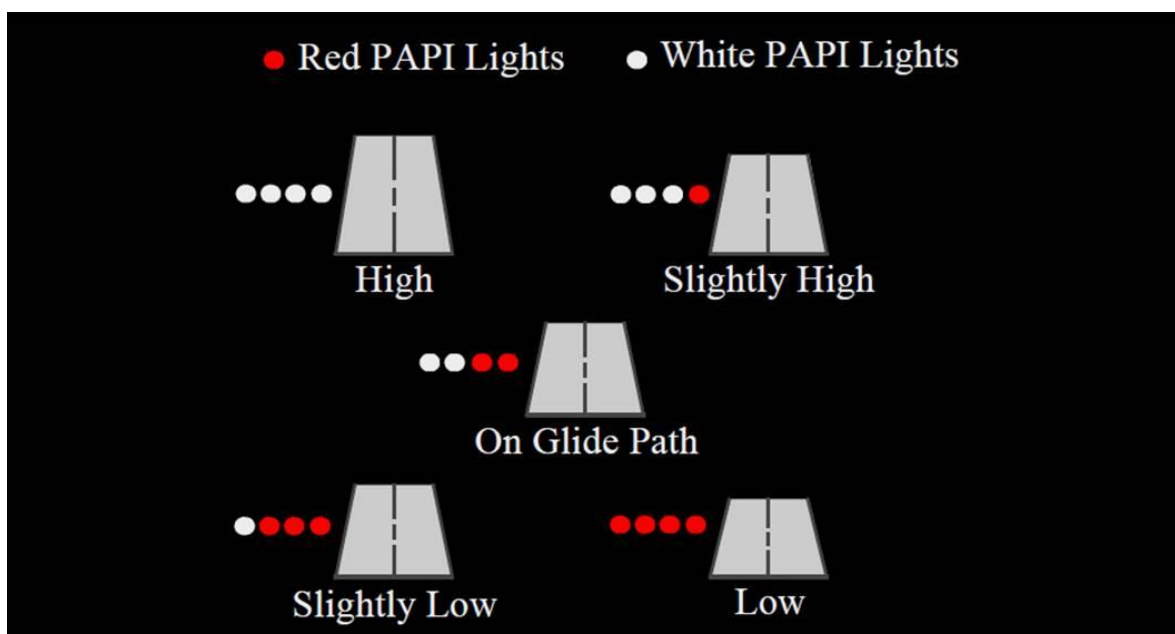
O Indicador de Ladeira de Aproximação de Precisão usa luzes que normalmente se encontram do lado esquerdo da pista. Quando a aeronave está numa trajectória de planeio normal de 3°, o piloto vê duas luzes brancas à esquerda e duas luzes vermelhas à direita. O PAPI pode ser usado em segurança em relação à altura da soleira, mas poderá resultar numa aterragem longa na pista. O PAPI está normalmente alinhado para intersectar a pista entre 1000 a 1500 pés para lá da soleira.

737 NG FCTM Chapter 6

The Precision Approach Path Indicator (PAPI) uses lights which are normally on the left side of the runway. When the airplane is on a normal 3° glide path, the pilot sees two white lights on the left and two red lights on the right. The PAPI may be safely used with respect to threshold height, but may result in landing further down the runway. The PAPI is normally aligned to intersect the runway 1.000 to 1.500 feet beyond the threshold.

• Geometria na aterragem

• Landing Geometry



1.18.2. Regulamentação do Aeródromo Local || Local Aerodrome Regulations

AIP PORTUGAL LPMA AD 2.20

1. Limitations on use of aerodrome

Restricted to aircraft capable of maintaining two way communications with Madeira TWR.

The peculiar operation of MADEIRA AD and operating limitations are stated in paragraph 2 below.

2. Special procedures and operating limitations

2.1 Operating at Madeira Aerodrome

Introduction

a. The Airport is located on a plateau on the east coast of Madeira Island. Except for the seaside, ground raises rapidly very closed to it. This fact generates, very often, wind variation and turbulence. Also severe low altitude wind shear conditions and / or micro burst are likely to be encountered.

b. Straight-in approaches not authorized from Funchal VOR to Runway 23.

Applicability

a. The items described below in “Crew requirements”, “Minimum training requirements”, “Line training” and “Aircraft type change”, are mandatory to schedule and non-scheduled revenue flights involving aircraft with more than 10 passengers of capacity.

b. Pilots are informed that, any time, they may be required to show evidence to Madeira Airport Authorities of compliance with referred items.

Crew requirements

a. Initial experience

To operate at Madeira Airport, the Pilot-In-Command must have a minimum of 200 flying hours as Captain on the concerned type of aircraft, before completing the initial training.

b. Recent experience

To operate at Madeira Airport, the Pilot-In-Command must have performed there, on the last six months:

- one landing and take-off or,
- a flight simulator training comprising a landing and take-off on each runway, on a simulated adverse weather condition or,
- a line training flight to Madeira Airport, comprising a landing and take-off, assisted by a qualified instructor occupying the right-hand seat.

c. The Pilot-in-Command is authorized to operate to Madeira Airport (LPMA) for a period of six months starting from the date of issue.

Minimum training requirements

In order to operate at Madeira Airport, the operator must establish and accomplish beforehand a training program concerning the type of aircraft to be used. This training, if performed on local flights, must include at least, landings and take-off by day and night in both directions, emphasising:

- a. the TKOF flight path to runway 23,
- b. the TKOF flight path to runway 05,
- c. the balked landing (go-around initiated in landing configuration from very low height) on both directions,
- d. the let down and approach to both runways,
- e. the operation effect on runway slope and dimensions and associated safety margins.

If the flight is to be performed in a flight simulator, the following procedures must be included in the training program, for each runway:

- a. take-off with engine failure after V1,
- b. relight after engine failure,
- c. VOR approach,
- d. balked landing and go-around,
- e. visual approach,
- f. landing,
- g. weather conditions: wind - the maximums as indicated in paragraph 2.3. Severe turbulence, Windshear and up and down drafts, must be included in the different approaches,
- h. one landing at night must be executed for each runway.

Line training

No line training is required if the flight simulator used is level D.

If level C flight simulator is used, line training must be performed with one landing and take-off in Madeira Airport, with an instructor occupying the right-hand seat.

Aircraft type change

A Captain qualified in Madeira Airport in one type of aircraft, changing to another type, must do the flight simulator training program mentioned in paragraph "Minimum training requirements" or, instead, will land and take-off in both runways without passengers on board and no line training will be required on both cases.

Training program

The training program referred in paragraph "Minimum training requirements" above will have to be approved by INAC (Portuguese Civil Aviation Authority).

Deviations or unconformities

Any deviations or unconformities stated from requirements stated in the previous paragraphs will be dealt in a case by case basis.

2.2 Responsibility

Compliance with operating limitations is mandatory. Any deviation must be reported to INAC by Tower.

2.3 Operating procedures and limitations

Wind / Turbulence

Wind Information

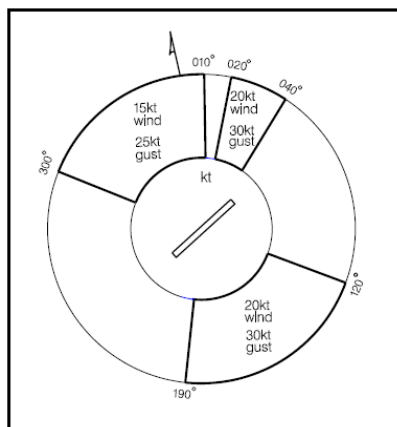
- On downwind and final approach to RWY 05 Control Tower will provided two minutes, mean wind values at Rosário and touchdown.
- Instantaneous wind read out will be provided at Pilot request.

Wind Limitations

a. When landing

1. Maximum of two minutes mean Wind Speed Values indicated by the Touchdown anemometer:

- In the sector 300° to 010° MAG (clockwise) - 15KT, with the maximum Wind Gust of 25KT
- In the sector 020° to 040° MAG (clockwise) - 20KT, with the maximum Wind Gust of 30KT
- In the sector 120° to 190° MAG (clockwise), and if Runway in use is 05 - 20KT with a maximum Wind Gust of 30KT, and if Runway in use is 23 - 15KT, subject also to maximum Wind Gust of 25KT as indicated by MID Anemometer.



2. Maximum of two minutes mean Wind Speed Values, including Gust indicated by the MID or ROSÁRIO Anemometers

- In the Sector 200° to 230° MAG (clockwise) - 25KT.

b. When Taking-off

1. Maximum of two minutes mean Wind Speed Values indicated by the MID anemometer:

- In the sector 300° to 010° MAG (clockwise) - 20KT with no Gust limitations
- In the sector 020° to 040° MAG (clockwise) - 25KT with no Gust limitations
- In the sector 120° to 190° MAG (clockwise) and if Runway in use is 05 - 25KT with no Gust limitations, and if Runway in use is 23 - 20KT, also with no Gust limitations

NOTE: The limitations above do not supersede any Operators or Aircraft Operations Manual (AOM) limitations if these are more restrictive

Turbulence

- Attention should be paid to the WIND DIRECTION INDICATORS located on the south side of the runway, near each touchdown area. They will reflect unexpected wind changes. Occasionally they will indicate wind from opposite directions;
- When landing on RWY 05 wind differences greater than 5 KT, between ROSARIO and MID anemometers, may indicate turbulence on final;
- When landing on RWY 23 with winds from South and Westerly Sectors, one may experience severe turbulence at low altitude over the RWY Threshold;
- Headwind or nearly so, up to 15 KT will cause “WEAK” turbulence on final;
- Wind of 15 KT from sector 020° to 050° MAG (clockwise) may cause “MODERATE” turbulence;
- Wind of 15 KT or even less from sector 300° to 020° MAG (clockwise) may cause “SEVERE” turbulence;
- Down drafts or up drafts are to be expected near the threshold of runways 05 and 23.

NOTE: Pilots are strongly requested to report to the Control Tower as soon as possible any turbulence and/or windshear that may affect operational conditions.

1.18.3. Relato do Comandante || Commander Report

Destaques do relatório do Comandante sobre o evento:

- Durante o planeamento pré-voo, a previsão do vento para LPMA previa ficar fora dos limites para aterragem por algum período entre as 12:00 e as 15:00;
- O abastecimento de combustível foi determinado de acordo com a estima de chegada a LPMA, prevendo uma espera no sequenciamento para a aterragem e uma possível diversão para Tenerife (GCTS);
- Durante o voo, a informação meteorológica obtida através do VOLMET de Lisboa e MADEIRA ATIS indicavam, respectivamente, ventos em LPMA de 3 e 5 nós de intensidade;
- Foram determinadas várias distâncias de aterragem, com recurso ao QRH, e todas elas eram adequadas mesmo para os valores mais pessimistas;

Highlights from the Commander report about the event:

- During preflight planning, the wind forecast for LPMA predicted to become out of limits for landing sometime between 12:00 and 15:00;
- The fuel load was determined accordingly to the scheduled arrival time at LPMA, expecting an holding for the approaching sequence for the landing and a possible diversion to Tenerife (GCTS);
- During the flight, the meteorological information obtained from Lisbon VOLMET and MADEIRA ATIS indicated, respectively, winds at LPMA of 3 and 5 knots of intensity;
- Several landing distances were determined, using QRH, and all of them were adequate even for the most pessimistic figures;

-
- Devido ao congestionamento de aeronaves a chegar a LPMA, o ATC deu instruções para ser efectuada uma espera no ABUSU visto ser a quarta aeronave para a aproximação;
 - A aeronave que aterrou imediatamente antes reportou turbulência nos últimos 150 pés;
 - A turbulência foi antecipada pela tripulação dada a diferença do vento entre os anemómetros ROSARIO e MID, e de acordo com as notas do Aeroporto (**AIP PORTUGAL LPMA AD 2.20**);
 - A aeronave foi configurada para aterrar com *flaps* nos 30 graus e a aproximação foi efectuada visualmente a partir do MAP da respectiva aproximação por instrumentos;
 - Foi sentida turbulência ligeira ocasional em aproximação ao GELO a partir do qual a aproximação foi na sua maior parte suave sendo necessário apenas pequenos ajustes para manter a trajectória de descida;
 - A cerca de 100 pés de altura, tal como antecipado, e em aproximação à soleira da pista 05, foi sentida turbulência moderada sem aparente deriva da aeronave;
 - A turbulência aumentou em intensidade cerca dos 30 pés de altura e, simultaneamente, desenvolveu-se de forma rápida um afundamento significativo da aeronave resultando numa aterragem firme cerca de 1000 pés após a soleira da pista 05 e cerca de 5 pés à esquerda da linha central seguida de um ressalto superficial mas prolongado;
 - Due to the traffic congestion arriving at LPMA, ATC passed instructions to perform a holding at ABUSU as it was the fourth aircraft for the approach;
 - The aircraft that landed ahead reported turbulence in the last 150 feet;
 - The turbulence was anticipated by the crew given the wind difference between ROSARIO and MID anemometers, and in accordance with the Airport notes (**AIP PORTUGAL LPMA AD 2.20**);
 - The aircraft was configured to land with flaps at 30 degrees and the approach was conducted visually beyond the MAP of the respective instrument approach;
 - Occasional light turbulence was experienced approaching GELO beyond which the approach was mostly smooth requiring only minor adjustments to maintain the descent path;
 - At a height of about 100 feet, as anticipated, and approaching the runway 05 threshold, moderate turbulence was experienced with no apparent aircraft drift;
 - The turbulence increased in intensity at a height of around 30 feet and, simultaneously, a significant sink of the aircraft rapidly developed resulting in a firm landing at approximately 1000 feet beyond runway 05 threshold and about 5 feet left of the runway centerline followed by a shallow but prolonged bounce;

- Foi decidido não efectuar o *go-around* com a presença da descendente mas sim tentar manter a atitude da aeronave com referências visuais externas;
- A tripulação não considerou que o ângulo de atitude da aeronave acarretasse risco de embate com a cauda pelo que foi efectuado um ligeiro *flare* antes do segundo contacto com a pista que voltou a ser firme. Este contacto deu-se próximo da intersecção com o caminho de rolagem “C” e cerca de 15 pés à esquerda da linha central da pista;
- O restante da aterragem decorreu normalmente. Após livrar a pista o ATC informou do possível embate com a cauda;
- Em retrospectiva, um factor significativo para a ilusão visual de que o ângulo de atitude da aeronave não representava problema pode ser o acive naquela porção da pista que, associado à elevação do terreno do lado esquerdo e ao oceano escondido atrás da estrutura do terminal do lado direito, dá a ideia da superfície da pista ser inteiramente plana.
- It was decided not to perform the go-around with the presence of the downdraft but instead attempt to maintain the aircraft attitude with external visual references;
- The crew did not consider the pitch attitude of the aircraft to present a tail strike risk so a slight flare was performed before the second contact with the runway which was again firm. The contact occurred near the intersection with taxiway “C” and approximately 15 feet left of the runway centerline;
- The remaining of the landing proceeded normally. After vacating the runway ATC informed about the possible tail strike;
- In hindsight, a significant factor for the visual illusion that the aircraft pitch attitude presented no issue can be the upslope in that portion of the runway which, associated with the terrain elevation on the left side and the ocean hidden behind the terminal structure on the right side, gives the idea of the runway surface to be entirely level.

1.18.4. Informação Gravada Relevante | | Relevant Recorded Information

A aeronave tocou no contacto inicial a 154 nós com uma atitude de 6.1° de nariz em cima e um pico de aceleração normal de 1.86g. O N1 registado do motor esquerdo e direito foi, respectivamente, 40% e 36%. Os *speedbrakes* não foram armados antes do contacto inicial mas foram accionados manualmente durante o ressalto e pouco antes do segundo contacto.

O valor mais elevado de altura registado pelo rádio altímetro neste período foi de 8 pés. Durante o ressalto o ângulo de atitude da aeronave reduziu para 4° e depois atingiu um pico de 9.15° de nariz em cima após a activação manual dos *spoilers*.

The aircraft touched in the initial touchdown at 154 knots with 6.1° of nose up pitch and a peak normal acceleration of 1.86g. The recorded left and right engine N1 at touchdown were 40% and 36% respectively. The speedbrakes were not armed before initial touchdown but was manually deployed during the bouncing and shortly before the second touchdown.

The highest recorded radio altimeter height in this period was 8 feet. During the bouncing the aircraft pitch attitude reduced to 4° then reached a peak of 9.15° nose up after manual spoiler deployment.

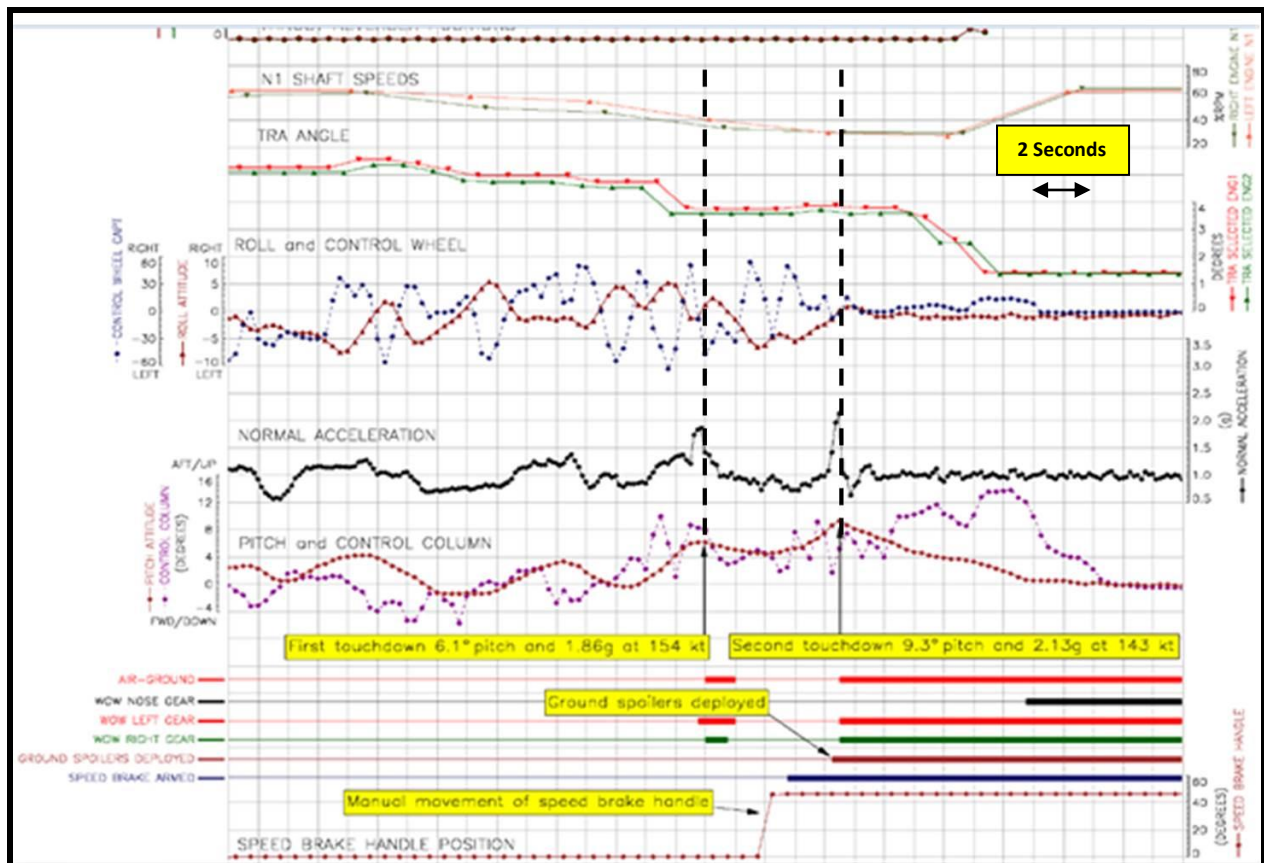
4.5 segundos após o contacto inicial, o parâmetro de aceleração normal aumentou rapidamente com um pico de valor registado de 2.13g a 143 nós.

4.5 seconds after the initial touchdown, the normal acceleration parameter rapidly increased with a peak recorded value of 2.13g at 143 knots.

Seis segundos e meio após o segundo contacto, o trem de nariz foi sinalizado como estando no chão.

Six and a half seconds after the second touchdown, the nose gear registered as on the ground.

Compilação || Compilation



1.19. Técnicas de Investigação Utilizadas || Useful or Effective Investigation Techniques

Não foram utilizadas técnicas especiais de investigação. Todos os estudos foram baseados, entre outros, nos manuais do fabricante e Operador, FDR, CVR e reporte do Comandante.

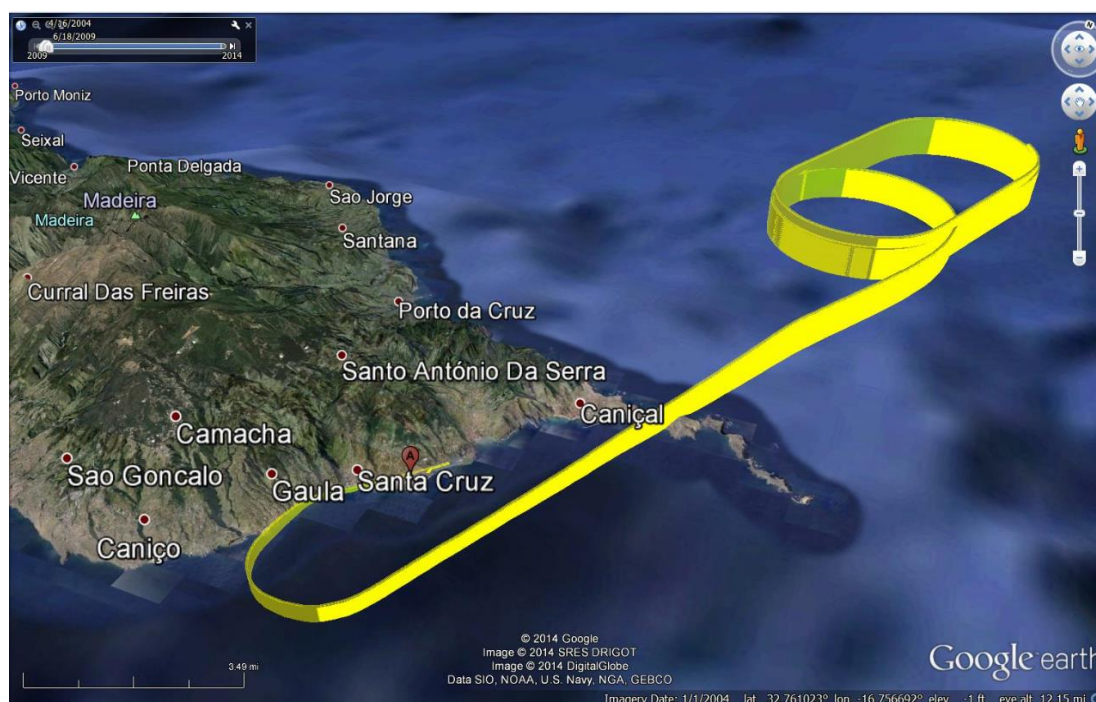
No special investigation techniques were used. All studies were based, among others, in the manufacturer and Operator manuals, FDR, CVR and Commander Report.

2. ANÁLISE || ANALYSIS

2.1. Aproximação e Aterragem da Aeronave || Aircraft Approach and Landing

O voo decorreu com normalidade até à fase de aproximação. A tripulação técnica de voo foi autorizada a iniciar a aproximação DVOR RWY 05 em LPMA cerca das **12:15:37**. Às **12:16:06** os *flaps* foram accionados para a posição **Flaps 1**. Às **12:16:12** o LS369 estabeleceu o primeiro contacto com Madeira TWR e o vento comunicado na altura estava dentro dos limites (**TOUCHDOWN 33014G24KT**). Às **12:16:52** foi seleccionada a posição **Flaps 2**. Às **12:16:53** foi feita uma actualização ao vento (**33015KT 220V020**) no seguimento da aterragem de uma outra aeronave. Às **12:17:10** o trem de aterragem foi colocado em baixo e cerca de 6 segundos depois foi seleccionada a posição **Flaps 15**. Às **12:17:46** foi seleccionada a última posição dos *flaps* para a aproximação em questão (**Flaps 30**). Às **12:19:46** a tripulação técnica de voo solicitou uma verificação do vento sendo na altura **TOUCHDOWN 33014G24 220V020**.

The flight evolved uneventfully until the approach phase. The flight crew was cleared for the DVOR RWY 05 approach at LPMA around **12:15:37**. At **12:16:06** flaps were deployed for the **Flaps 1** position. At **12:16:12** LS389 established the first contact with Madeira TWR and the reported wind at that time was within the limits (**TOUCHDOWN 33014G24KT**). At **12:16:52** **Flaps 2** position was selected. At **12:16:53** a wind update was made (**33015KT 220V020**) following the landing of another aircraft. At **12:17:10** landing gear was selected down and about 6 seconds later **Flaps 15**. At **12:17:46** the last flaps position for the approach was selected (**Flaps 30**). At **12:19:46** the flight crew requested a wind check being at the time **TOUCHDOWN 33014G24 220V020**.



Trajecto do LS389 entre a espera e a aterragem || LS389 path between the holding and landing

Às **12:21:25** o LS389 foi autorizado a aterrar na pista 05 em LPMA.

O Comandante, como PF, desligou o A/T e o A/P por volta das **12:21:55** a aproximadamente 1200 pés (RA); o remanescente da aproximação foi voado manualmente.

Por volta das **12:22:25** a aeronave encontrava-se acima da ladeira indicada pelo PAPI (**3 WHITES 1 RED** e 5 segundos depois **4 WHITES**). O LS369 conseguiu manter-se no perfil ideal por breves instantes, cerca das **12:22:40**, mas 9 segundos depois encontrava-se agora abaixo do mesmo (**3 REDS**).

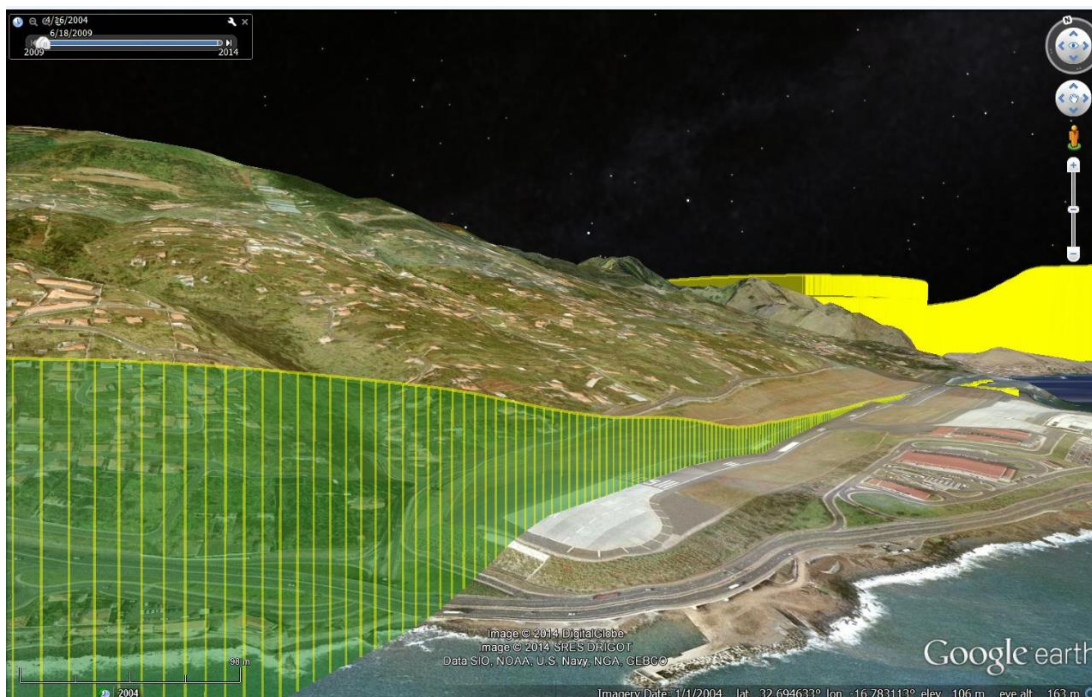
Na aproximação final, a aeronave deparou-se com uma componente de vento de cauda de 10 nós e uma componente de vento cruzado (do lado esquerdo) de 5 nós. Assim que nivelou as asas (por volta das **12:22:49**), a componente de vento de cauda diminuiu e a componente de vento cruzado (do lado esquerdo) aumentou para valores entre 20 a 30 nós. Ao mesmo tempo que a mudança de vento foi comandado um aumento de potência que, juntamente com a diminuição do vento de cauda, originou uma excedência da velocidade seleccionada no MCP (Figura 8) inicialmente em 9 nós e mais tarde em 12 nós. O aumento de potência e velocidade provocou uma diminuição na razão de descida para cerca de 300 pés por minuto. A aeronave, neste ponto, iniciou uma série de oscilações como resultado dos *inputs* nos comandos de voo que variaram entre os 50 graus para a direita e 65 graus para a esquerda. Estes *inputs* persistiram até ao momento do *flare* e aterragem.

At **12:21:25** LS389 was cleared to land on runway 05 at LPMA.

The Commander, as PF, switched off the A/T and A/P around **12:21:55** at approximately 1200 feet (RA); the remaining of the flight was flown manually.

Around **12:22:25** the aircraft was above the path indicated by the PAPI (**3 WHITES 1 RED** and 5 seconds after **4 WHITES**). LS389 managed to maintain the ideal profile for brief instants, around 12:22:40, but 9 seconds after was now below it (**3 REDS**).

In the final approach, the aircraft encountered a tailwind component of 10 knots and a crosswind component (from the left side) of 5 knots. As soon as the wings were levelled (around **12:22:49**), the tailwind component decreased and the crosswind component (from the left side) increased to values between 20 to 30 knots. At the same time as the wind change a thrust increase was commanded which, along with the decrease of the tailwind, caused an exceedance of the airspeed selected on the MCP (Figure 8) initially in 9 knots and later by 12 knots. The thrust and speed increase caused a reduction in the descent rate to 300 feet per minute. The aircraft, at this point, initiated a series of oscillations as a result of the control wheel inputs varying between 50 degrees to the right and 65 degrees to the left. These inputs persisted until the moment of flare and touchdown.



Ladeira do LS389 na aproximação final || LS389 glide path at final approach

Um *input* de nariz em baixo de cerca de 3 graus provocou um aumento da razão de descida para 1000 pés por minuto. Em seguida, verificou-se um *input* de 1-2 graus de nariz em cima e um aumento ténue da potência o que provocou uma redução na razão de descida para cerca de 150 pés por minuto (cerca das **12:22:57**). A velocidade também excedeu o valor seleccionado no MCP em cerca de 13 nós devido aumento da potência. Um *input* de nariz em baixo, que durou cerca de 4 segundos, e a redução de potência combinado com uma corrente descendente de 10 pés por segundo (600 pés por minuto) resultou numa razão de descida a aumentar para 1500 pés por minuto a cerca de 220 pés (RA). Com um *input* de 2 graus de nariz em cima a razão de descida foi mantida em 750 pés por minuto.

A nose down column input of about 3 degrees caused the descent rate to increase to 1000 feet per minute. Then a nose up column input of 1-2 degrees and a slight increase in thrust caused a reduction in the descent rate to nearly 150 feet per minute (approximately at **12:22:57**). The speed also exceeded the MCP selected speed in 13 knots as a result of the thrust increase. A nose down column input, lasting nearly 4 seconds, and a reduction in thrust combined with a downdraft of 10 feet per second (600 feet per minute) resulted in a descent rate increasing to 1500 feet per minute at approximately 220 feet radio altitude. With a nose up column input of about 2 degrees the sink rate was arrested to 750 feet per minute.



Figura 8 || Figure 8

Um aumento na componente de vento de frente para 5 nós auxiliou na diminuição da razão de descida. No entanto, um *input* de nariz em baixo e a perda da componente de vento de frente aumentou a razão de descida para 1100 pés por minuto a aproximadamente 35 pés (RA). O *flare* foi iniciado às **12:23:04** com um *input* crescente para trás nos comandos até 10 graus. Na iniciação do *flare*, o ângulo de atitude era aproximadamente de 0 graus e a velocidade perto de 10 nós acima da seleccionada (18 nós acima da VREF). A potência foi reduzida para *idle* durante o *flare*. O *input* de nariz em cima resultou no aumento do ângulo de atitude até cerca de 6 graus. O contacto do trem de aterragem principal esquerdo ocorreu cerca das **12:23:06**, a uma razão de descida de 350 pés por minuto, com uma IAS de 154 nós e cerca de 750 pés para lá da soleira da pista 05. O factor de carga registado foi de **1.86 g**. O contacto do trem de aterragem principal direito ocorreu um segundo após o esquerdo.

Os *speedbrakes* não foram armados durante a aproximação conforme requerido pelo **Normal Checklist (Landing)** do Operador e, como tal, não foram distendidos no contacto inicial. Após o contacto inicial do trem de aterragem principal na pista, a aeronave ressaltou e ficou novamente a voar devido à combinação da falta dos *speedbrakes* e do comando de nariz em cima. Uma vez no ar, os *speedbrakes* foram activados manualmente e o *input* de nariz em cima aumentado. O segundo contacto com a pista deu-se por volta **12:23:11** e na altura o ângulo de atitude da aeronave era de **9.15** graus e a IAS de 142 nós. Este elevado ângulo de atitude resultou num embate da cauda com a pista, tendo-se registado um factor de carga de **2.15 g**. Após o embate com a cauda, o comando de nariz em cima atingiu a máxima deflexão imediatamente antes do contacto do trem de aterragem de nariz com a pista, por volta das **12:23:17**. A corrida de aterragem decorreu sem qualquer evento.

An increase in the headwind to 5 knots assisted in decreasing the descent rate. However, a nose down column input and the loss of the headwind component increased the descent rate to 1100 feet per minute at approximately 35 feet (RA). The flare was initiated at **12:23:04** with an increasing column pull to 10 degrees. At flare initiation, pitch attitude was approximately 0 degrees and airspeed nearly 10 knots above the selected speed (18 knots above VREF). Thrust was reduced to idle during the flare. The nose up column input resulted in a pitch attitude increasing to approximately 6 degrees. Touchdown of the left main gear occurred around **12:23:06**, at a sink rate of 350 feet per minute, with an IAS of 154 knots and about 750 feet beyond runway 05 threshold. The recorded load factor was **1.86g**. The contact of the right main landing gear occurred one second after the left.

Speedbrakes were not armed during the approach as required by the Operator **Normal Checklist (Landing)** and, consequently, were not deployed after the initial contact. After the initial contact of the main landing gear on the runway, the aircraft bounced and became airborne due to the combination of lack of speedbrake deployment and nose up column command. Once in the air, speedbrakes were manually deployed and the nose up column input increased. The second contact on the runway occurred around 12:23:11 and at that time the pitch attitude of the aircraft was **9.15** degrees and the IAS 142 knots. This high pitch attitude resulted in a tail strike on the runway, being the recorded load factor of **2.15 g**. After the tail strike, the nose up column input reached maximum deflection immediately before the contact of the nose landing gear on the runway, approximately at **12:23:17**. The landing rollout evolved uneventfully.

3. CONCLUSÕES || CONCLUSIONS

3.1. Factos Estabelecidos || Findings

A partir das evidências disponíveis, as seguintes constatações são feitas em relação ao evento de embate com a cauda na pista aquando da aterragem na pista 05 do Aeroporto da Madeira, em 17 de fevereiro de 2014, envolvendo um Boeing 737-800 com registo G-GDFC.

1. A aeronave estava envolvida num voo de passageiros de “transporte aéreo comercial” (CAT);
2. Na sequência do evento 2 membros da tripulação de cabine (CCM) sofreram contusões na zona lombar;
3. A tripulação técnica de voo estava certificada, treinada, qualificada e clinicamente apta para o voo, de acordo com as normas vigentes. Ambos os membros da tripulação de voo não tinham quaisquer restrições ou limitações na sua operação. Para a aproximação e aterragem o Comandante era o PF e o Copiloto era o PM;
4. Não houve evidência de que factores fisiológicos tenham afectado o desempenho da tripulação técnica de voo;
5. A aeronave com a matrícula G-GDFC tinha todas as Licenças e Certificados de Aeronavegabilidade válidos e tinham sido cumpridas as acções de manutenção, conforme o programa aprovado pela Autoridade Aeronáutica;
6. Não foram detectadas anomalias ou restrições técnicas que condicionassem a operação da aeronave e/ou os seus sistemas;
7. A massa e centragem da aeronave encontravam-se dentro dos intervalos normais de operação;

From the evidence available, the following findings are made with respect to the tail strike event while landing on runway 05 at Madeira Airport, on the 17th of February 2014, involving a Boeing 737-800 with registration G-GDFC.

1. The aircraft was involved in passenger “commercial air transport” (CAT) flight;
2. In the sequence of the event 2 cabin crew members (CCM) sustained injuries in the lumbar region;
3. The flight crew was certified, trained, qualified and medically fit for the flight in accordance with existing regulations. Both flight crew members had no restrictions or limitations in their operation. For the approach and landing the Commander was PF and the F/O was PM;
4. There was no evidence that physiological factors affected the flight crew's performance;
5. The aircraft with the registration G-GDFC had all Licenses and Airworthiness Certificates valid and all maintenance actions were completed, as the program approved by the Aeronautical Authority;
6. No evidence was found of any technical anomaly or restrictions on the operation of the aircraft and/or its systems.
7. The aircraft mass and balance were within the normal range of operation;

-
- | | |
|--|--|
| 8. Na fase de planeamento do voo, a performance da aeronave cumpria com os requisitos e limitações estabelecidos no OM do Operador e manuais do fabricante da aeronave; | 8. When planning the flight, the aircraft performance complied with the requirements and limitations stated in the OM of the Operator and the aircraft manufacturer manuals; |
| 9. O Aeroporto da Madeira estava equipado com ajudas-rádio à navegação e aterragem, tais como NDB e VOR, as quais estavam operacionais quando a aeronave realizou a aproximação e aterragem na pista 05; | 9. Madeira Airport was equipped with navigation and landing aids, such as NDB and VOR, which were operative when the aircraft has accomplished the approach and landing on runway 05; |
| 10. Quando a aeronave efectuou a aproximação e aterragem em LPMA, estava em prática o procedimento de aproximação DVOR RWY 05, que era determinado pela direcção e intensidade do vento. A pista estava seca e não foram reportadas quaisquer deficiências físicas ou outras restrições; | 10. When the aircraft performed the approach and land at LPMA, it was in use the DVOR RWY 05 approach procedure, determined by the wind direction and velocity. The runway was dry and no physical deficiencies or other restrictions were reported; |
| 11. Após escuta do conteúdo gravado no CVR foi possível concluir que o Normal Checklist (Landing) não foi executado durante a aproximação; | 11. After listening the content recorded in the CVR it was possible to conclude that the Normal Checklist (Landing) was not executed during the approach; |
| 12. A aproximação da aeronave foi realizada em condições de vento variável, quer em intensidade quer em direcção, o que provocou um aumento na carga de trabalho nos pilotos; | 12. The aircraft approach was conducted in variable wind conditions, both in intensity and direction, which caused an increase in the pilots workload; |
| 13. A aproximação da aeronave foi realizada sob condições de turbulência nos últimos 150 pés e com uma componente de vento cruzado do lado esquerdo. | 13. The aircraft approach was conducted under turbulence conditions in the last 150 feet and with a crosswind component from the left side. |
| 14. A razão de descida excedeu os 1000 pés por minuto durante a aproximação final e até momentos imediatamente antes do <i>flare</i> ; | 14. The rate of descent exceeded the 1000 feet per minute during the final approach up to moments immediately before the flare; |
| 15. A aeronave desviou-se acima da trajectória de aproximação nominal abaixo dos 500 pés; | 15. The aircraft deviated above the nominal approach path below 500 feet; |
| 16. A velocidade de aproximação excedeu em mais de 10 nós a velocidade de aproximação planeada (MCP); | 16. The approach speed exceeded in more than 10 knots the planned approach speed (MCP); |

- | | |
|--|---|
| <p>17. Aquando do contacto inicial na superfície da pista com o trem de aterragem principal, a aeronave ressaltou para o ar e permaneceu a voar a cerca de 8 pés de altura, por uma distância de aproximadamente 1000 pés e durante 4 a 5 segundos. Durante o ressalto, foi comandado um <i>input</i> excessivo para trás nos comandos de voo resultando numa atitude de 9.15°, que excede a margem de segurança para evitar o embate com a cauda na pista, e num segundo contacto com um factor de carga de 2.15 g;</p> | <p>17. Upon the initial contact on the runway surface with the main landing gear, the aircraft bounced to the air and kept flying at a height of approximately 8 feet, for a distance of about 1000 feet and for 4 to 5 seconds. During the bounce, an excessive aft input was commanded in the flight controls resulting in an attitude of about 9.15°, which exceeds the safety margin to avoid a tail strike on the runway, and in a second contact with a load factor of 2.15g;</p> |
| <p>18. Na sequência do embate com a cauda na superfície da pista, a aeronave sofreu danos na Secção 46, 47 e 48 da fuselagem;</p> | <p>18. Following the tail strike on the runway surface, the aircraft sustained damage in Section 46, 47 and 48 of the fuselage;</p> |

3.2. Causas || Causes

O acidente deveu-se a um *input* excessivo de nariz em cima após o primeiro contacto com a pista e numa altura em que a aeronave se encontrava a voar a cerca de 8 pés (RA) que, associado à actuação manual dos *speedbrakes* e consequente défice de sustentação, provocou uma acentuada atitude de nariz em cima (9.15°) ao ponto de causar o embate da cauda com a superfície da pista.

The accident was due to an excessive nose up input after the first contact with the runway and at a time in which the aircraft was airborne at around 8 feet (RA) which, associated to the manual deployment of the speedbrakes and consequent loss of lift, resulted in a sharp nose up attitude (9.15°) to a point of causing the tail strike with the runway surface.

3.3. Factores Contributivos || Contributing Factors

- | | |
|---|---|
| <p>1. O Normal Checklist (Landing) não foi executado (737-800 FCOM Capítulo NP);</p> | <p>1. The Normal Checklist (Landing) was not executed (737-800 FCOM Chapter NP);</p> |
| <p>2. A aproximação da aeronave foi conduzida sob condições de turbulência nos últimos 150 pés;</p> | <p>2. The aircraft approach was conducted under turbulence conditions in the last 150 feet;</p> |
| <p>3. Desvio da aeronave do perfil de "aproximação estabilizada" e que pressupunha a execução de um <i>go-around</i> (737 NG FCTM Capítulo 5);</p> | <p>3. Aircraft deviation from the "stabilized approach" profile which implied the execution of a <i>go-around</i> (737 NG FCTM Chapter 5);</p> |
| <p>4. A decisão de não efectuar um <i>go-around</i> após o ressalto na pista (737 NG FCTM Capítulo 6);</p> | <p>4. The judgement not to execute a <i>go-around</i> after the bounce on the runway (737 NG FCTM Chapter 6);</p> |

- | | |
|---|--|
| <p>5. Acionamento manual dos <i>speedbrakes</i> durante o ressalto resultando numa perda de sustentação e momento de picada de nariz em cima;</p> | <p>5. Speedbrakes manual deployment during the bounce resulting in a loss of lift and nose up pitching moment;</p> |
|---|--|

4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA || SAFETY RECOMENDATIONS

As seguintes recomendações são emitidas para mitigar as questões de segurança operacional identificadas nesta investigação.

The following recommendations are issued to address the safety issues identified in this investigation.

À Jet2.com	To Jet2.com
<p>Recomendação de Segurança 30/2016</p> <p>Que emita instruções às tripulações técnicas de voo para respeitarem estritamente os SOP's da companhia.</p>	<p>Safety Recommendation 30/2016</p> <p>To issue instructions to the flight crews to strictly adhere to the company SOP's.</p>
<p>Recomendação de Segurança 31/2016</p> <p>Que reveja as regras de recência no que diz respeito aos pilotos da variante B737-800 quando a operar em aeroportos CAT C.</p>	<p>Safety Recommendation 31/2016</p> <p>Review the recency rules regarding B737-800 variant pilots when operating at CAT C airports.</p>
<p>Recomendação de Segurança 32/2016</p> <p>Que incorpore treino de recuperação de aterragem com ressalto entre a variante B737-800.</p>	<p>Safety Recommendation 32/2016</p> <p>To incorporate bounced landing recovery training among the B737-800 variant.</p>
<p>Recomendação de Segurança 33/2016</p> <p>Que pratique o acionamento manual dos <i>speedbrakes</i> de forma atempada, i.e. por primeiramente se identificar a atitude e condição da aeronave, numa situação de falha de acionamento automático.</p>	<p>Safety Recommendation 33/2016</p> <p>To practice the speedbrakes manual deployment in a timely manner, e.g. by firstly identify the attitude and condition of the aircraft, in the event of an automatic deployment failure.</p>

5. AÇÃO PREVENTIVA JÁ TOMADA || PREVENTIVE ACTION ALREADY TAKEN

A seguinte ação preventiva já foi tomada:

The following preventive action has been taken:

Pela Jet2.com**OSI 14-043 Operações no Funchal**

No seguimento da investigação interna efectuada pela companhia Jet2.com surgiram preocupações sobre a forma como as condições ventos na soleira são reportados às tripulações técnicas de voo. Assim, com efeito imediato, as tripulações técnicas de voo devem requer uma verificação final do vento na soleira por parte do ATC antes de atingir a ½ milha náutica da zona de aterragem. Se o vento reportado não estiver dentro dos limites publicados na carta de aproximação, a aproximação deverá ser descontinuada.

By Jet2.com**OSI 14-043 Funchal Operations**

Concerns arisen following the internal investigation performed by Jet2.com company over the way the threshold wind conditions are reported to flight crews. Thus, with immediate effect, flight crews are to request a final threshold wind check from ATC prior to closing within ½ nautical mile of the landing zone. If the reported wind is not within the limits published on the approach chart, the approach is to be discontinued.

Lisboa, Março de 2016

Lisbon, March 2016

A Equipa de Investigação

Hugo Alves

Carlos Lino

The Investigation Team

Hugo Alves

Carlos Lino

Apêndice 1 – Transcrição das comunicações

Appendix 1 – Communications transcript

LS389	ATC	TOM9XB	...	Não relevante Not relevant
-------	-----	--------	-----	-------------------------------

TIME	UNIT	TEXT
12:15:37	FO (PM)	"CLEAR FOR VOR DME RUNWAY 05 APPROACH CHANNEX THREE EIGHT NINE"
...
12:15:58	ATC	"CHANNEX THREE EIGHT NINE CONTACT MADEIRA TOWER ONE ONE EIGHT THREE FIVE ZERO."
	FO (PM)	"ONE ONE EIGHT THREE FIVE CHANNEX THREE EIGHT NINE GOODBYE"
12:16:08	CPT (PF)	FLAPS ONE
	FO (PM)	FLAPS ONE
12:16:12	FO (PM)	"MADEIRA TOWER CHANNEX THREE EIGHT NINE BECOMING ESTABLISHED ON THE INBOUND RADIAL FOR THE VOR DME RUNWAY ZERO FIVE"
	ATC	"CHANNEX THREE EIGHT NINE MADEIRA TOWER GOOD AFTERNOON CONTINUE YOUR APPROACH RUNWAY ZERO FIVE WIND AT ROSARIO ONE EIGHT ZERO DEGREES THREE KNOTS TOUCHDOWN THREE THREE ZERO DEGREES ONE FOUR KNOTS GUSTING TWO FOUR KNOTS"
	FO (PM)	"COPY CHANNEX THREE EIGHT NINE"
12:16:33	ATC	"THOMSON NINE X-RAY BRAVO BACKTRACK RUNWAY ZERO FIVE VACATE VIA BRAVO STAND ALPHA ZERO SIX REPORT CONDITIONS ON FINAL"
	TOM 9XB	"BRAVO ALPHA ZERO SIX SMOOTH UNTIL THE LAST ONE HUNDRED AND FIFTY FEET (unclear) TURBULENCE IN THE LAST ONE HUNDRED AND FIFTY FEET MODERATE TURBULENCE."
12:16:52	CPT (PF)	FLAPS FIVE
	FO (PM)	FLAPS FIVE
12:16:53	ATC	"NINE X-RAY BRAVO ROGER"
	ATC	"BREAK BREAK CHANNEX THREE EIGHT NINE DID YOU COPY?"
	FO (PM)	"AFFIRM CHANNEX THREE EIGHT NINE WHAT WAS THE WIND ZERO FIVE THRESHOLD PLEASE?"
	ATC	"THREE THREE ZERO DEGREES VARIABLE BETWEEN TWO TWO ZERO AND ZERO TWO ZERO DEGREES ONE FIVE KNOTS"
	FO (PM)	"ROGER THANK YOU"
	CPT (PF)	IT'S ON THE LIMITS
	FO (PM)	YEAH
12:17:10	CPT (PF)	OK GEAR DOWN
	FO (PM)	GEAR DOWN
12:17:16	CPT (PF)	FLAPS FIFTEEN
	FO (PM)	FLAPS FIFTEEN
12:17:20	CPT (PF)	AND IT'S GUSTING A LITTLE BIT ISN'T IT
	FO (PM)	YEAH
...
12:17:46	CPT (PF)	FLAPS THIRTY
	FO (PM)	FLAPS THIRTY
...

LS389	ATC	TOM9XB	...	Não relevante Not relevant
-------	-----	--------	-----	-------------------------------

12:18:28	FO (PM)	TWO MILES TWENTY FEET HIGH ONE MILE TWO THOUSAND FOUR HUNDRED AND TEN FEET
	CPT (PF)	OK
12:18:49	G-GDFC	TWENTY FIVE HUNDRED
12:18:50	FO (PM)	ON PROFILE (unclear) RAD ALT ALIVE
	CPT (PF)	CHECK
...
12:19:46	FO (PM)	"THREE EIGHT NINE VISUAL WITH THE RUNWAY REQUEST LATEST WIND PLEASE"
	ATC	"CHANNEX THREE EIGHT NINE CONTINUE VISUAL APPROACH RUNWAY ZERO FIVE WIND AT ROSARIO ONE SIX ZERO DEGREES VARIABLE BETWEEN ZERO EIGHT ZERO AND TWO THREE ZERO DEGREES THREE KNOTS TOUCHDOWN THREE THREE ZERO DEGREES VARIABLE BETWEEN TWO TWO ZERO AND ZERO TWO ZERO DEGREES ONE FOUR KNOTS GUSTING TWO FOUR KNOTS"
	CPT (PF)	IS THAT THE LIMITS BUT IT'S ALL RIGHT IT'S OK
	FO (PM)	"ROGER THREE EIGHT NINE"
...
12:21:25	ATC	"CHANNEX THREE EIGHT NINE WIND CHECK TOUCHDOWN THREE FIVE ZERO DEGREES VARIABLE BETWEEN TWO TWO ZERO AND ZERO TWO ZERO ONE THREE KNOTS GUSTING TWO FOUR KNOTS RUNWAY ZERO FIVE CLEARED TO LAND"
	FO (PM)	"CLEAR LAND RUNWAY ZERO FIVE CHANNEX THREE EIGHT NINE"
...
12:21:55	CPT (PF)	OK DISCONNECTING AUTO THRUST AND AUTO PILOT RECYCLE FLIGHT DIRECTORS
	FO (PM)	FLIGHT DIRECTORS RECYCLED
12:22:03	G-GDFC	APPROACHING MINIMUMS
12:22:11	G-GDFC	ONE THOUSAND
12:22:15	G-GDFC	MINIMUMS
12:22:25	FO (PM)	THREE WHITES ONE RED ON THE PAPI
	CPT (PF)	OK
12:22:30	FO (PM)	FOUR WHITES
	CPT (PF)	CORRECTING
12:22:33	FO (PM)	FIVE HUNDRED FEET
	CPT (PF)	PASSING FIVE HUNDRED
12:22:35	FO (PM)	THREE WHITES
12:22:40	FO (PM)	ON PROFILE
12:22:44	G-GDFC	FIVE HUNDRED
12:22:49	FO (PM)	THREE REDS
	CPT (PF)	CORRECTING
12:23:07	G-GDFC	FIFTY, FOURTY, THIRTY, TWENTY, TEN
12:23:12	FO (PM)	SPEED BRAKES MANUALLY
...
12:23:57	ATC	"CHANNEX THREE EIGHT NINE VACATE VIA BRAVO STAND ALPHA ZERO FIVE"

LS389	ATC	TOM9XB	...	Não relevante Not relevant
-------	-----	--------	-----	-------------------------------

	FO (PM)	"VIA BRAVO STAND ALPHA ZERO FIVE CHANNE"
...
12:24:06	FO (PM)	SO I HAD TO PULL SPEED BRAKES BECAUSE THEY DIDN'T EXTEND
	CPT (PF)	YEAH
...
12:24:31	ATC	"CHANNEX THREE EIGHT NINE FROM TOWER SEEMS YOU PROBABLY HAD A TAIL STRIKE CONFIRM"
	CPT (PF)	DON'T KNOW
	FO (PM)	"WE DON'T KNOW AT THE MOMENT CHANNEX THREE EIGHT NINE"
...
12:25:29	FO (PM)	IT WAS FINE UNTIL THE LAST FIFTY FEET
...
12:26:55	ATC	"CHANNEX THREE EIGHT NINE THE FIRE BRIGADE WILL CHECK THE AIRCRAFT FROM THE STAND"
	FO (PM)	"ROGER CHANNEX THREE EIGHT NINE"
...

Apêndice 2 – Parâmetros do FDR

Appendix 2 – FDR parameters

