



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

## AVIAÇÃO CIVIL

600NM a oés-noroeste da Ilha Terceira -  
PORTUGAL

04 de dezembro de 2016, 05:00 UTC

Turbulência severa com passageiros feridos

## CIVIL AVIATION

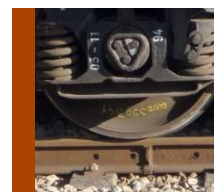
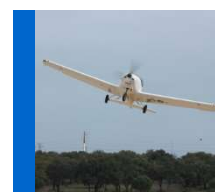
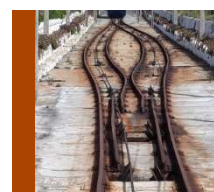
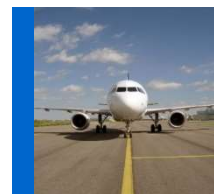
600NM west-northwest of Terceira Island -  
PORTUGAL

2016, December 4<sup>th</sup>, 05:00 UTC

Severe turbulence with injured passengers

BOEING 777-300 ER

QATAR AIRWAYS / A7-BAN



RELATÓRIO FINAL DE  
INVESTIGAÇÃO DE SEGURANÇA  
DE ACIDENTE

ACCIDENT  
SAFETY INVESTIGATION  
FINAL REPORT

[17/ACCID/2016]

**Publicação || Published by:**

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

**Endereço || Postal Address:**

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

**Telefones || Telephones:**

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

Notificação de acidentes/incidentes || Accident/incident notification (24/7):  
(+ 351) 915 192 963 / (+351) 272 739 255

**Fax:** + 351 21 791 19 59

**E-mail:** geral@gpiaaf.gov.pt

**Internet:** www.gpiaaf.gov.pt

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

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

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

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

**Nota:** fotografia na capa pela equipa GPIAAF || **Note:** Cover photo by GPIAAF team.

**Controlo documental || Document control**

Informações sobre a publicação original    Original publication details	
<b>Título    Title</b>	Turbulência severa com passageiros feridos    Severe turbulence with injured passengers
<b>Tipo de Documento    Document title</b>	Relatório de investigação de segurança    Safety Investigation Report
<b>N.º do Documento    Document ID</b>	AC_17/ACCID/2016_RF
<b>Data de publicação    Publication date</b>	18 SET 2018

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

## PREFÁCIO || FOREWORD

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

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

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

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

Nos termos do n.º 4 do art.º 16.º do Regulamento (UE) n.º 996/2010, e em conformidade com as secções 6.3 e 6.4 do Anexo 13 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional, o GPIAAF remeteu para obtenção de comentários às autoridades interessadas uma versão preliminar do relatório final e, quando aceites, foram integrados no texto do presente relatório final.

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

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

Safety investigation is a technical process conducted only for the purpose of accidents prevention and comprises the gathering and analysis of evidences, in order to determine the causes and, when appropriate, to issue safety recommendations.

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

According to section 16.4 of Regulation (EU) 996/2010 and to sections 6.3 and 6.4 of Annex 13 to the Convention on International Civil Aviation, GPIAAF has sent a draft version of the final report seeking comments from the authorities concerned, and if accepted, integrated into the text of this final report.

**NOTA IMPORTANTE:**

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

**Notas para o Leitor:**

Neste relatório, a representação das unidades e números é feita em conformidade com o Sistema Internacional de Unidades (SI), com o disposto nas normas da série ISO/IEC 80000 e com a norma portuguesa NP 9:1960. Nos casos especiais, em que outra unidade seja correntemente utilizada no meio aeronáutico, esta será indicada acompanhada da sua correspondência no SI.

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

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

**IMPORTANT NOTE:**

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

**Notes to the Reader:**

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

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

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

## ÍNDICE || INDEX

1.	INFORMAÇÃO FACTUAL    FACTUAL INFORMATION .....	11
1.1.	História do voo    History of the flight .....	11
1.2.	Lesões    Injuries to persons .....	12
1.3.	Danos na aeronave    Damage to aircraft.....	12
1.4.	Outros danos    Other damage .....	13
1.5.	Pessoas envolvidas    Personnel information .....	13
1.5.1.	Tripulação técnica de voo    Flight crew .....	13
1.6.	Informação sobre a aeronave    Aircraft information .....	14
1.7.	Informação meteorológica    Meteorological information .....	14
1.8.	Ajudas à navegação    Aids to navigation .....	17
1.9.	Comunicações    Communications .....	17
1.10.	Informação do aeródromo    Aerodrome information.....	17
1.11.	Gravadores de voo    Flight recorders .....	17
1.11.1.	Gravador de dados de voo    Flight data recorder .....	17
1.11.2.	Gravador de voz da cabine de pilotagem    Cockpit voice recorder .....	19
1.12.	Destruços e informação sobre os impactos    Wreckage and impact information	19
1.13.	Informação médica e patológica    Medical and pathological information .....	19
1.14.	Fogo    Fire .....	20
1.15.	Aspetos de sobrevivência    Survival aspects .....	20
1.16.	Ensaio e pesquisas    Tests and research .....	20
1.16.1.	Teste ao radar meteorológico    Weather radar test .....	20
1.17.	Informação sobre organização e gestão    Organizational and management information .....	21
1.17.1.	Definição de turbulência severa    Severe turbulence definition.....	21
1.17.2.	Manual de operações da tripulação de voo (FCOM)    Flight crew operations manual (FCOM).....	21
2.	ANÁLISE    ANALYSIS .....	23
2.1.	Informação meteorológica disponível    Available weather information .....	23
2.2.	Análise do áudio CVR    CVR audio analysis.....	23
2.3.	Análise do radar meteorológico    Weather radar analysis.....	23
3.	CONCLUSÕES    CONCLUSIONS .....	25
3.1.	Constatações da investigação    Findings .....	25
3.2.	Causas e fatores contributivos    Causes and contributing factors .....	25

3.2.1.	Causas prováveis    Probable causes .....	25
3.2.2.	Fatores contributivos    Contributing factors .....	25
4.	Recomendações    Recommendations.....	27
4.1.	Recomendações de Segurança    Safety recommendations .....	27
5.	APÊNDICES    APPENDICES .....	29
5.1.	Gráficos dos dados de voo gravados    Plots from the recorded flight data.....	29

## SINOPSE || SYNOPSIS

<b>PROCESSO GPIAAF    GPIAAF PROCESS ID</b> <b>17/ACCID/2016</b>		<i>Classificação    Classification</i> Acidente    Accident	
		<i>Tipo de evento    Type of event</i> TURB	
<b>OCORRÊNCIA    OCCURRENCE</b>			
<i>Data    Date</i> 04 DEC 2016	<i>Hora    Time</i> 05:00 UTC	<i>Local    Location</i> 600NM a oés-noroeste de LPLA    600NM west-northwest of LPLA	<i>Coordenadas    Coordinates</i> 40°N 39°W
<b>AERONAVE    AIRCRAFT</b>			
<i>Aeronave    Aircraft</i> Boeing 777-300 ER		<i>N.º de série    Serial Nr.</i> 38426	<i>Matrícula    Registration</i> A7-BAN
<i>Categoria    Category</i> Avião asa fixa    Fixed wing airplane		<i>Operador    Operator</i> Qatar Airways	
<b>VOO    FLIGHT</b>			
<i>Origem    Origin</i> KIAD - Washington Dulles - USA		<i>Destino    Destination</i> OTHH – Doha – Qatar	
<i>Tipo de voo    Type of flight</i> Transporte Aéreo Comercial    Commercial Air Transport		<i>Tripulação    Crew</i> 20	<i>Passageiros    Passengers</i> 336
<i>Fase do voo    Phase of flight</i> Em rota    En-route		<i>Condições de luminosidade    Lighting conditions</i> Noturno    Nightly	
<b>CONSEQUÊNCIAS    CONSEQUENCES</b>			
<i>Lesões    Injuries</i>	<i>Tripulação    Crew</i>	<i>Passageiros    Passengers</i>	<i>Outros    Other</i>
<i>Fatais    Fatal</i>	-	-	-
<i>Graves    Serious</i>	-	1	-
<i>Ligeiras    Minor</i>	-	4	N/A
<i>Nenhuma    None</i>	20	331	N/A
<i>Danos na aeronave    Aircraft damage</i> Pequenos danos no interior da cabine    Minor damage inside the cabin		<i>Outros danos    Other damage</i> Nenhuns    None	

**Tipo de ocorrência || Occurrence type**

Turbulência severa com passageiros feridos e posterior desvio de rota.

Severe turbulence encounter with passengers injuries and subsequent diversion.

Página intencionalmente deixada em branco || Page intentionally left blank

**GLOSSÁRIO || GLOSSARY**

ACFT	Aeronave    Aircraft
ANAC	Autoridade Nacional da Aviação Civil    National Civil Aviation Authority
CVR	Gravador de voz da cabine de pilotagem    Cockpit voice recorder
FCOM	Manual de operação da tripulação em voo    Flight Crew Operating Manual
FH	Horas de voo    Flight hours
FL	Nível de voo    Flight level
ft	Pé ou Pés (unidade de medida)    Feet (dimensional unit)
g	Aceleração da Gravidade (9,81 m/s <sup>2</sup> )    Acceleration due to Earth's gravity
GPIAAF	Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves e de Acidentes Ferroviários
hPa	Hectopascal
ICAO	International Civil Aviation Organization
kt	Nó (= 1 milha náutica/hora = 1,852 km/h)    Knot (= 1 NM/hour = 1,852 km/h)
LH	Esquerda    Left
METAR	Comunicado Meteorológico de Rotina    Meteorological Aerodrome Report
MTOW	Peso máximo de descolagem    Maximum takeoff weight
MZFW	Peso máximo zero combustível    Maximum zero fuel weight
N1	Rotação do eixo de baixa pressão dos motores    Low pressure engine spool rotation speed
NOTAM	Aviso à Navegação    Notice to Air Men
OM	Manual de operações    Operations Manual
PIC	Piloto Comandante    Pilot In Command
P/N	Número identificação do componente    Part Number
PSU	Unidade de Serviço ao Passageiro    Passenger Service Unit
RH	Direita    Right
SIA	Autoridade de Investigação de Segurança    Safety Investigation Authority
S/N	Número de série do componente    Part Serial Number
UTC	Tempo Universal Coordenado    Universal Time Coordinated

Página intencionalmente deixada em branco || Page intentionally left blank

## 1. INFORMAÇÃO FACTUAL || FACTUAL INFORMATION

### 1.1. História do voo || History of the flight

A 4 de dezembro de 2016, às 01:57, o voo número QR708 da Qatar Airways, um Boeing 777-300 ER com matrícula A7-BAN, saiu de IAD (Washington, EUA) com destino a DOH (Doha, Qatar), com 336 passageiros e 20 tripulantes a bordo.

Ao cruzar o oceano Atlântico numa rota aleatória, aproximadamente às 05:00, teve início uma turbulência moderada, o que fez com que a tripulação ativasse o aviso de colocar os cintos de segurança e avisasse a tripulação de cabine para permanecer sentada e em segurança.

Sete minutos depois, o avião encontrou turbulência severa, no nível de voo 310, fazendo com que itens soltos, incluindo alguns passageiros, voassem pela cabine com intensidade suficiente para atingir o teto.

De seguida ocorreram mais dois eventos de turbulência moderada. Com o avião finalmente estabilizado, a tripulação de cabine começou a analisar os danos e passageiros feridos.

Alguns passageiros queixaram-se que estavam magoados, e a tripulação deu atenção especial a um passageiro que reclamava de dores no peito e dificuldade em respirar.

A tripulação de cabine entrou em contato com o serviço médico remoto Medlink, através de um telefone via satélite e solicitou instruções de como proceder nesta situação.

Durante este tempo, um médico devidamente credenciado foi identificado entre os passageiros, e começa de imediato a examinar o passageiro magoado.

Após questionado pelo comandante, o médico confirmou que o passageiro estava em condição de risco de vida, e foi tomada a decisão de desvio de rota para o aeroporto apropriado mais próximo, LPLA Aeroporto das Lajes, na Ilha Terceira, em Portugal.

Às 6:19 a tripulação contactou Lajes Approach, reportou que tinha uma emergência médica, e

On December 4<sup>th</sup>, 2016, at 01:57, Qatar Airways flight number QR708, a Boeing 777-300 ER registered A7-BAN, departed from IAD (Washington, USA) with destination to DOH (Doha, Qatar). With 336 passengers e 20 crew members aboard.

While crossing the Atlantic ocean on a random route, at approximately 05:00, a moderate turbulence started, which prompted the flight crew to activate the fasten seat belts sign and instructed the cabin crew to remain seated and secured.

Seven minutes later, the airplane encountered a severe turbulence, at flight level 310, causing loose items, including some unsecure passengers, to fly inside the cabin with enough intensity to hit the ceiling.

Two more moderate turbulence episodes occurred afterwards, and then, with the airplane finally stabilized, the cabin crew started assessing the injuries and damages.

A few passengers complained about injuries, a special attention was given to a passenger that was complaining about chest pains and difficulty to breathe.

The cabin crew then contacted the Medlink remote medical service, by satellite phone, and requested instruction on how to proceed in this situation.

In the meantime, a doctor with credentials was located among the passengers, and he immediately started attending the injured passenger.

After inquired by the Pilot in command, the doctor confirmed that the injured passenger had a life threatening condition, and the taken decision was to initiate a diversion to the closest suitable airport, LPLA Lajes Airport, at Terceira Island, Portugal.

At 6:19 the crew contacted Lajes Approach, reported that they had a medical emergency, and

começou a largar combustível para reduzir a sua massa para a aterragem. A aterragem foi efetuada com sucesso em LPLA às 6:56, onde o auxílio médico aguardava para receber os passageiros magoados.

Um total de cinco passageiros foram transportados para o hospital local para cuidados médicos adicionais.

then started to dump fuel to reduce the landing weight. They landed uneventfully in LPLA at 6:56, where medical support was standing by to receive the injured passengers.

A total of five passengers were taken to the local hospital for additional medical care.

## 1.2. Lesões || Injuries to persons

Lesões    Injuries	Tripulantes    Crew	Passageiros    Passengers	Outros    Others
Mortais    Fatal	-	-	-
Graves    Serious	-	1	-
Ligeiras    Minor	-	4	N/A
Nenhumas    None	20	331	N/A
TOTAL	20	336	-

## 1.3. Danos na aeronave || Damage to aircraft

Ocorreram alguns danos nos acabamentos superiores da cabine, devido ao impacto dos passageiros com o teto durante a turbulência, o que resultou em danos em algumas bagageiras superiores. O painel de iluminação de um passageiro ficou solto após o embate com a cabeça.

Some superficial damage occurred on the overhead panels inside the cabin, due to passengers impact with the ceiling during the turbulence, causing dents to some luggage compartments. A passenger's illumination panel became loose after the head impact.

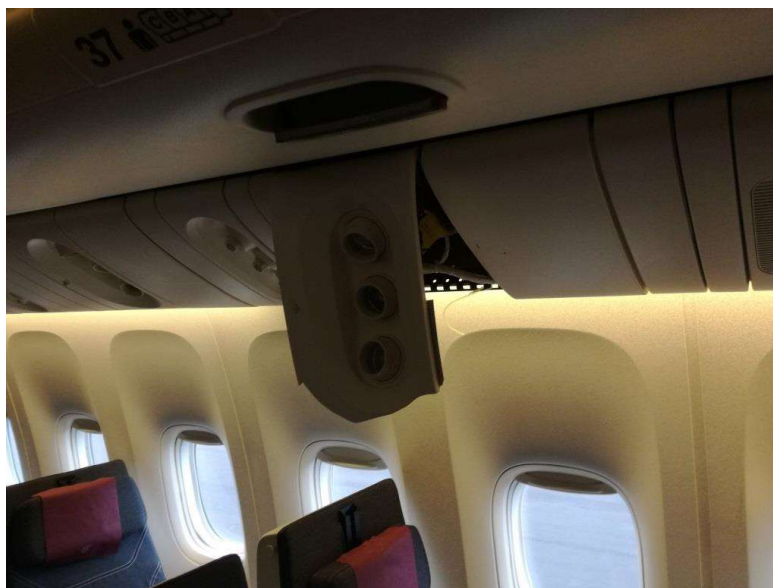


Figura 1 – Unidade de serviços do passageiro solta || Figure 1 – Loose PSU

#### 1.4. Outros danos || Other damage

Não aplicável.

Not applicable.

#### 1.5. Pessoas envolvidas || Personnel information

##### 1.5.1. Tripulação técnica de voo || Flight crew

A tripulação de voo era composta por duas equipes, com dois comandantes e dois co-pilotos. No momento da turbulência, a equipa B estava aos comandos da aeronave. Abaixo estão listados os seus detalhes.

The flight crew was composed of two teams, with two captains and two first officers. At the time of the turbulence encounter, team B was the in charge of the aircraft, their details are stated below.

	PILOTO    PILOT		COPILOTO    COPILOT	
<b>DETALHES PESSOAIS    PERSONAL DETAILS</b>				
Nacionalidade    Nationality:	Americano    American		Indiano    Indian	
Data de Nascimento    Birth Date:	1981-08-08		1988-02-20	
<b>LICENÇA DE TRIPULANTE TÉCNICO    FLIGHT CREW LICENCE</b>				
Tipo    Type:	ATP		ATP	
Data de Emissão Inicial    Date of Initial Issue:	2016-06-30		2015-06-09	
Validade    Validity:	2021-02-16		2020-06-08	
Entidade Emissora    Issuing Authority:	Estado do Qatar    State of Qatar		Estado do Qatar    State of Qatar	
Data do Último Exame Médico    Last Medical Exam Date:	2016-04-10		2016-02-29	
Proficiência de Inglês    English Proficiency	ICAO Nível 6    ICAO Level 6		ICAO Nível 6    ICAO Level 6	
Limitações    Limitations:	Nenhuma    Nil		Nenhuma    Nil	
<b>EXPERIÊNCIA DE VOO    FLIGHT EXPERIENCE</b>	<b>Total</b>	<b>B777</b>	<b>Total</b>	<b>B777</b>
Horas de voo totais    Total flight hours:	7519:42	2729:42	3700:00	900:00
Últimos 90 dias    Latest 90 days:	171:51	171:51	183:05	183:05
Últimos 28 dias    Latest 28 days:	65:44	65:44	62:46	62:46
Últimos 7 dias    Latest 7days:	15:31	15:31	12:50	12:50
Últimas 24 horas    Latest 24 hours:	0	0	0	0

## 1.6. Informação sobre a aeronave || Aircraft information

A aeronave estava certificada, equipada e mantida de acordo com os regulamentos existentes e procedimentos aprovados e tinha um Certificado de Aeronavegabilidade válido.

A massa e centro de gravidade da aeronave estavam dentro dos limites pré estabelecidos.

The aircraft was certified, equipped and maintained in accordance with existing regulations and approved procedures and had a valid Certificate of Airworthiness in compliance with the regulations.

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

## 1.7. Informação meteorológica || Meteorological information

A tripulação recebeu, antes da decolagem, um kit com informações de voo, contendo condições de meteorologia e vento em rota. A figura 2 mostra a página com informações sobre vento em alta altitude e razão de vento de cisalhamento, os pontos mais próximo do evento de turbulência estão destacados a amarelo e mostram uma razão de cisalhamento máximo de "/5". É expectável uma turbulência severa com um índice igual ou superior a 5.

The crew received, before takeoff, a flight information pack containing expected weather and wind on route. Figure 2 shows the page with high altitude winds and shear rate information, the closest points to the turbulence event are highlighted in yellow and shows a top shear rate of "/5". Severe turbulence can be expected with a rate equal to or greater than 5.

QR 708/04 DEC/IAD-DOH										Page 13			
PAGE 11/12 QTR708/QR708 04DEC M0500 KIAD/OTHH P0300 B77W A7BAN													
LAT/LONG		WAYPT		ITT		DIS		TEM		WIND VELOCITY/SHEAR RATE			
										250	270	-290-	310
CLIMB	FL	100	200	310	350								
WIND		30039	29084	29151	29158								
N3856.8/W07727.6		KIAD		078	68	P08							
N3909.1/W07613.7		SWANN		082	16	M22							
N3911.5/W07552.8		BROSS		045	8	M26							
N3916.8/W07546.0		STIKY		045	30	M29							
N3938.2/W07518.2		OOD		047	25	M37	30120/8	29135/8	29145/5	29151/3			
N3955.3/W07453.8		DAVYS		048	10	M37	30125/9	29143/9	29152/5	29159/3			
N4002.1/W07444.2		BRAND		048	15	M38	30145/9	29155/6	29162/3	29165/1			
							270	290	-310-	330			
N4012.1/W07429.7		RBV		075	223	M42	30147/1	29156/6	29163/3	29166/1			
N4104.2/W06944.8		YAHOO		070	131	M42	30095/9	30117/9	30130/4	30131/2			
N4147.0/W06700.0		VITOL		096	319	M43	30074/4	30082/4	30088/2	30089/1			
N4100.0/W06000.0		DOVEY.		087	453	M45	28047/2	29054/3	29058/2	29060/1			
N4100.0/W05000.0				087	453	M47	24052/3	24059/3	24065/2	24067/1			
N4100.0/W04000.0				087	453	M48	24080/4	24090/5	24099/3	24103/1			
N4100.0/W03000.0				101	476	M46	27081/5	27091/5	27098/0	27092/5			
N3900.0/W02000.0				103	243	M46	31055/5	30065/5	30073/4	30080/2			

Figura 2 – Informação de vento em rota || Figure 2 – Wind on route information

As figuras 3 e 4 mostram a carta de previsão meteorológica (00 e 06 UTC), recebida antes do voo, nela são previstas as correntes de vento e formações meteorológicas significativas que são esperadas. A localização aproximada do evento de turbulência está destacada.

Figures 3 and 4 shows the fixed time (00 and 06UTC) prognostic chart received before takeoff, it shows the expected wind streams and significant weather formations. The turbulence event approximate location is highlighted.

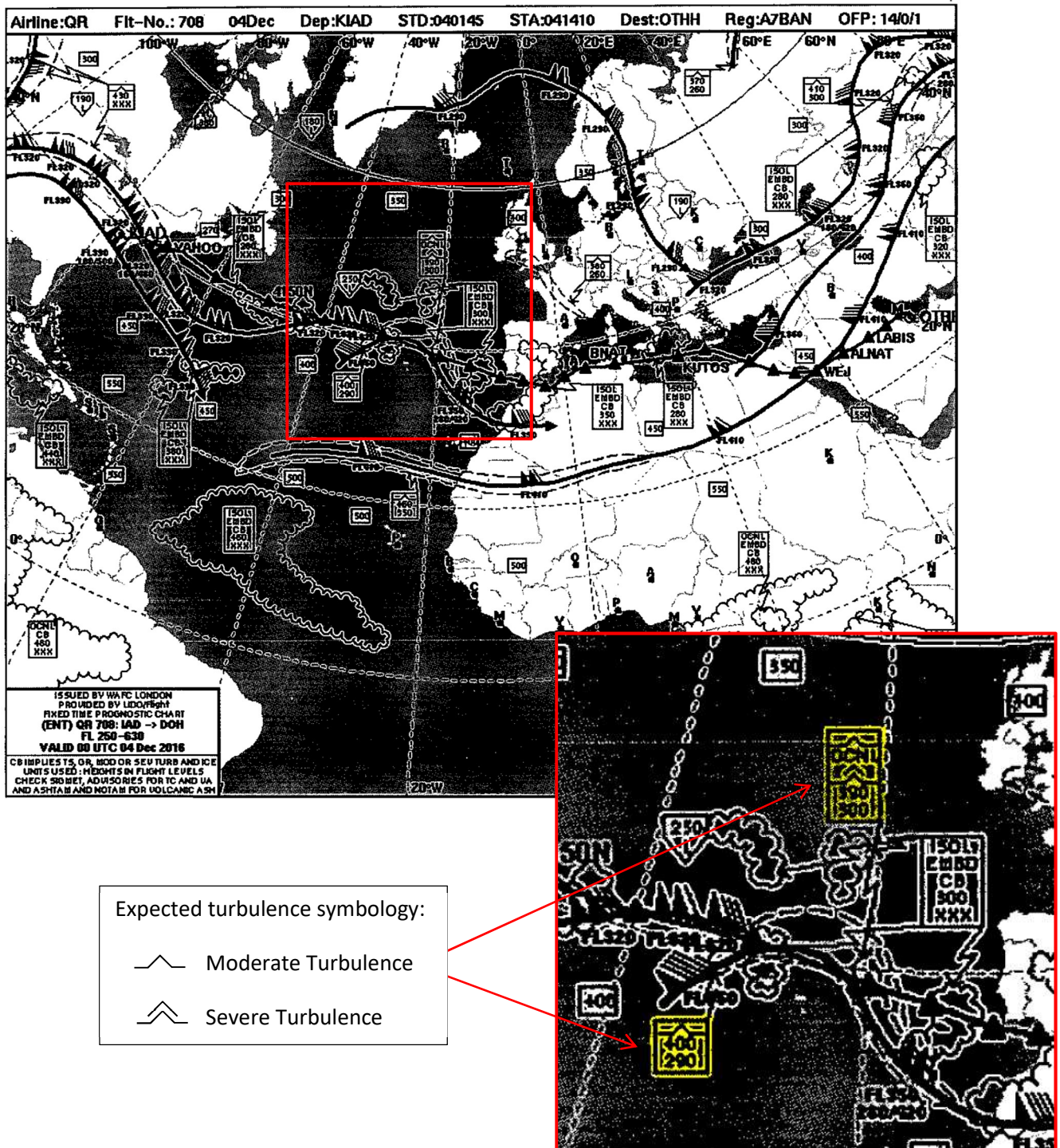


Figura 3 – Carta de previsão das 00 UTC, recebida antes de decolar ||  
 Figure 3 – Fixed time prognostic chart 00 UTC, received before take-off

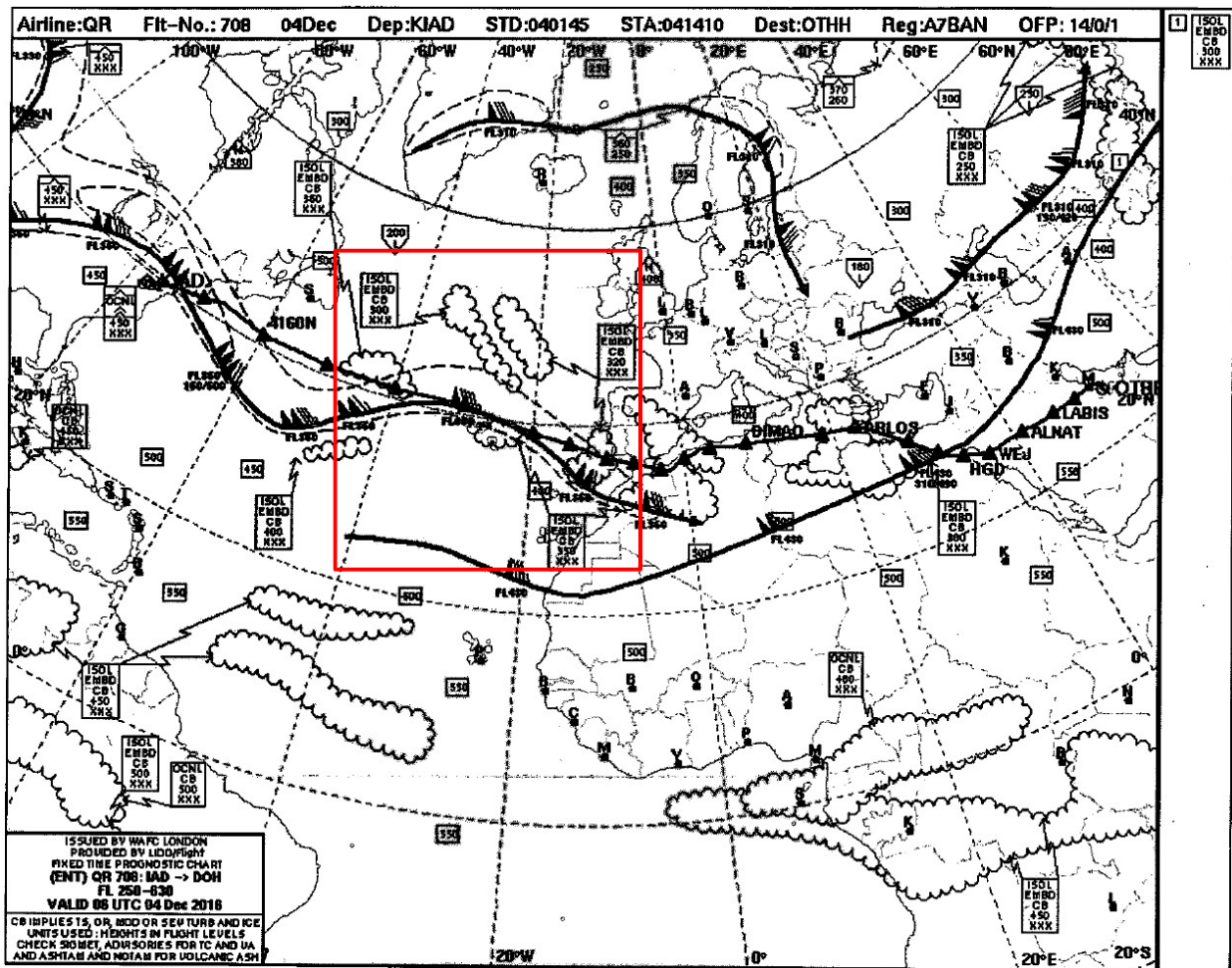


Figura 4 – Carta de previsão da 06 UTC, recebida antes de descolar | |  
 Figure 4 – Fixed time prognostic chart 06 UTC, received before take-off

Gráficos de prognósticos são previsões meteorológicas que podem ser esperadas ao longo da rota. Acima estão os dois gráficos mais relevantes para o evento. Estas imagens foram retiradas dos gráficos reais em papel que a tripulação tinha disponível para consulta no *cockpit*.

O caminho parcial da aeronave Dep está exibido na imagem de satélite da figura 5, a azul, e a passagem pela turbulência está assinalada a vermelho.

O topo das nuvens foi reportado entre 23000 e 28000 pés. Durante o evento a aeronave estava nivelada a 31000 pés.

Prognostic charts are weather predictions of what can be expected along the established route. Above are the two most relevant charts for the event. These images are from the actual paper charts that were available to the crew in the cockpit.

The aircraft partial track is shown on the satellite image of figure 5, in blue, and the severe turbulence encounter is highlighted in red.

Clouds were reported to top between 23000 ft and 28000 ft. During the event the aircraft was leveled at 31000 ft.

## Flight track QR708 IAD–DOH

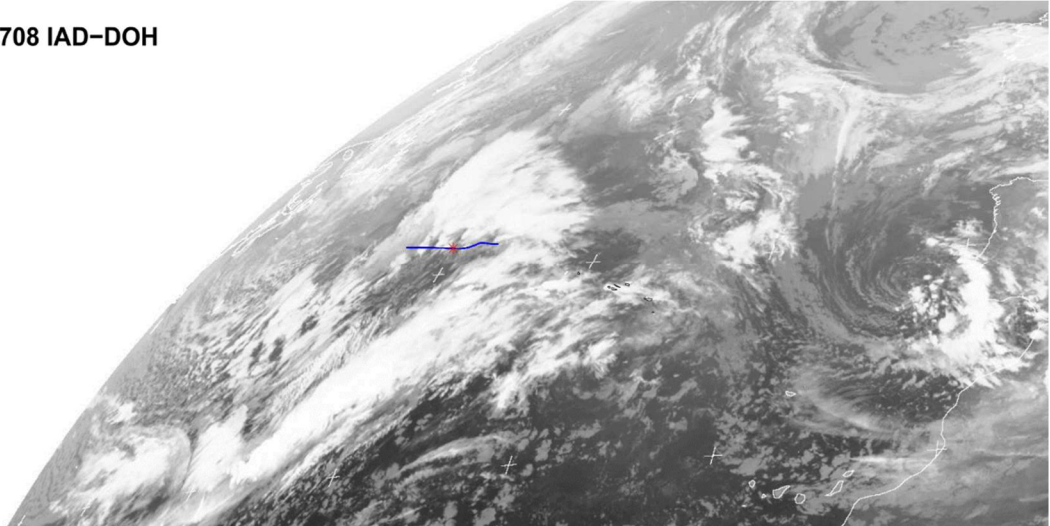


Figura 5 – Nuvens na imagem de satélite feitas próximas a hora do evento ||  
Figure 5 – Clouds on the satellite image made close to the event time

### 1.8. Ajudas à navegação || Aids to navigation

Não aplicável.

Not applicable.

### 1.9. Comunicações || Communications

Não aplicável.

Not applicable.

### 1.10. Informação do aeródromo || Aerodrome information

Não aplicável.

Not applicable.

### 1.11. Gravadores de voo || Flight recorders

#### 1.11.1. Gravador de dados de voo || Flight data recorder

Os dados de voos foram obtidos no local pela investigação, recorrendo a uma unidade de leitura portátil. Os dados do voo estavam em boas condições, permitindo recolha de dados para os gráficos em anexo.

The flight data information was downloaded on site by the investigation using a portable interface unit. The downloaded flight data was in good condition and the attached plots were produced.

Dos gráficos pode-se observar uma rápida mudança na aceleração vertical, a variar de -0,5G para +0,5G num período de 1 segundo, com uma queda de 400 pés de altitude.

Cerca de 7 minutos antes do pico de aceleração do evento, uma turbulência moderada pode ser observada nos dados gravados e mais dois pontos de turbulência moderada após o pico de aceleração.

Durante o evento, a aeronave registrou rajadas de vento de 60kt a 105kt, variando de 215° a 255°.

O piloto automático manteve-se acoplado durante todo o período gravado e observado. O controlo automático de manetes (*auto-throttle*) foi desconectado, por 2 minutos, durante a turbulência moderada que seguiu o evento de turbulência severa.

Após o evento de turbulência severa, a velocidade Mach selecionada é reduzida de 0,84 para 0,82, com oscilações de velocidade do ar registadas durante todo o evento.

Durante o pico de aceleração vertical do evento, o *ângulo de arfagem* da aeronave variou de 0° para 4°, com oscilações de cerca de 2° durante os segundos anteriores ao evento.

Também foi gravada uma mudança de direção de 110 para 080, com rolagem de 10° para a esquerda após o evento, seguido de mais duas rolagens de 15° para a direita, para colocar a aeronave no rumo 120°.

Durante o evento de turbulência, rápidos movimentos da manete de potência puderam ser observados, com as correspondentes mudanças de N1 nos dois motores, assim como o comando das superfícies de controlo de voo. Neste momento, ambos sistemas de piloto automático e *auto-throttle* estavam ativos e acoplados.

Após término do evento de turbulência, a aeronave continuou na mesma rota por mais alguns minutos, até que a tripulação inicia o desvio para um alternante, o aeroporto da Lajes, LPLA, aterrando em segurança.

Os gráficos da gravação de dados de voo do evento estão anexados a este relatório.

From the plots a rapid change in vertical acceleration can be observed, changing from -0.5 to +0.5 G in a period of 1 second, with a 400ft drop in altitude.

Approximately 7 minutes before the event acceleration peak, a moderately turbulence can be seen on the recorded data and two more moderate turbulences after the event peak.

During the event, the aircraft recorded wind gusts from 60kt to 105kt, varying from 215° to 255°.

The autopilot remained engaged during the whole observed and recorded period. The auto-throttle was briefly disengaged, for 2 minutes, during the first moderate turbulence that followed the severe turbulence event.

After the severe turbulence event, the selected Mach speed was reduced from 0.84 to 0.82, with oscillation of the actual speed being recorded trough out the event.

During the event peak, vertical acceleration the aircraft pitch changed from 0° to 4°, with oscillations of about 2° during the previous seconds before the event.

A change of heading from 110 to 080, with a 10° roll to the left, was also recorded just after the event, followed by two more 15° rolls to the right setting the aircraft to heading 120°.

During the turbulence encounter, quick thrust lever changes could be seen, with correspondent N1 changes by both engines, as well as control inputs to the flight controls. At this moment, both the auto-throttle and autopilot systems were active and engaged.

After the turbulence event was over, the aircraft continued on the same route for a few more minutes, until the crew initiates the diversion to LPLA Lajes airport, landing uneventfully.

Plots from the event flight data recorded are attached to this report.

### 1.11.2. Gravador de voz da cabine de pilotagem || Cockpit voice recorder

As gravações de voz foram recolhidas após a aeronave retornar para a sua base em OTTH, com o CVR desativado a fim de evitar que fosse sobrescrito. A unidade de CVR foi então enviada para a autoridade de investigação portuguesa para *download* e análise. As gravações continham áudio de boa qualidade, com início após o evento de turbulência, e antes da decisão de mudança de rota para LPLA ser tomada.

The voice recordings were retrieved after the aircraft returned to its OTTH base, with the CVR disabled to avoid being over written. The CVR unit was sent to the Portuguese SIA for download and analysis. The recordings contained good quality audio, starting after the turbulence event, but before the decision to divert to LPLA.

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

Não aplicável.

Not applicable.

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

Não houve evidências de incapacitação ou fatores psicológicos a afetar a performance da tripulação.

There was no evidence that incapacitation or physiological factors affected the flight crew performance.

Após a aterragem, cinco passageiros foram transportados para o hospital, um com trauma severo e quatro com ferimentos ligeiros.

After landing, five passengers were taken to the hospital. One with major trauma and four with minor injuries.

Após um exame médico, não foi confirmado que algum passageiro tenha tido a vida em risco por paragem cardíaca. O passageiro que reclamou dores no peito foi posteriormente diagnosticado com perturbação de stresse pós-traumático e ansiedade.

After a medical examination, no passengers were confirmed of having had a life threatening cardiac arrest. The passenger that complained of chest pain was later diagnosed as having post-traumatic stress disorder and anxiety syndrome.

O passageiro com trauma severo sofreu cortes na pele do crânio e ferimentos no quadril e fémur esquerdo, tendo de permanecer no hospital com a perna afetada imobilizada.

The major trauma passenger sustained skull skin cuts, left hip and femur trauma, and had to remain in the hospital with the affected leg immobilized.

Dois dias depois, foi dada autorização ao passageiro para ser transferido para uma unidade de saúde à sua consideração, com recomendação de se manter deitado durante o transporte, com a perna afetada imobilizada e procurar tratamento ortopédico quando chegasse ao destino.

Two days after, it was authorized the passenger transfer to other medical facility, at the passenger discretion, with the recommendation to remain lay down during the transfer, with the affected leg immobilized and seek orthopaedic treatment at the destination.

### 1.14. Fogo || Fire

Não aplicável.

Not applicable.

### 1.15. Aspectos de sobrevivência || Survival aspects

Todos passageiros e tripulação que estavam corretamente presos com cinto de segurança não sofreram qualquer ferimento.

All passengers and crew that were properly fasten with their seat belts sustained no injuries.

### 1.16. Ensaios e pesquisas || Tests and research

#### 1.16.1. Teste ao radar meteorológico || Weather radar test

A aeronave estava equipada com sistema de radar meteorológico capaz de detectar automaticamente condições meteorológicas adversas em rota. Durante os momentos que precederam o evento, o sistema não emitiu nenhum alerta. Socorrendo-se do sistema de varredura manual, o comandante concluiu que estava a voar, com segurança, acima da meteorologia adversa.

The aircraft was equipped with a weather radar system capable to automatically detect-adverse weather conditions on route. During the moments preceding the event, the system issued no weather warnings. By using manual scanning, the captain concluded that a weather formation was safely below their altitude.

No decorrer da investigação, as unidades de processamento esquerda e direita do radar meteorológico, modelo WRT-2100 (P/N: 822-170-002), foram removidas da aeronave e enviadas para o fabricante, Rockwell Collins, para análise e execução de teste funcional.

During the investigation, the system main computers, left and right units, model WRT-2100 (P/N: 822-170-002), were removed from the aircraft and sent to the manufacturer, Rockwell Collins, for functional test analysis.

A unidade esquerda era a que estava a ser utilizada no momento da turbulência, enquanto a unidade direita estava em espera (*standby*).

The left side computer unit was the one being actively used during the turbulence encounter, while the right side unit was on standby.

Ambas as unidades estavam em boas condições físicas e passaram nos testes do fabricante sem falhas reportadas. A unidade esquerda tinha algumas falhas registadas na sua memória não volátil, no entanto, estas eram consistentes com ações de manutenção registadas fora do voo do evento.

Both units were on good physical condition and passed the manufacturer bench test with no faults found. The left side unit had some faults logged in its non volatile memory, but these were consistent with maintenance activities and were not logged during the event flight.

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

### 1.17.1. Definição de turbulência severa || Severe turbulence definition

O manual de operações da tripulação de voo do operador e aprovado pela entidade aeronáutica local, define turbulência de intensidade severa quando: REAÇÃO DA AERONAVE: Turbulência que causa grandes mudanças na altitude e/ou atitude. E usualmente causa grandes variações na velocidade indicada. A aeronave pode ficar momentaneamente sem controle. REAÇÃO DENTRO DA AERONAVE: Ocupantes são forçadas violentamente contra os cintos de segurança. Artigos soltos são arremessados. Servir comida ou andar é impossível.

Os procedimentos do operador para voo em turbulência severa estão também definidos no manual FCOM para o tipo de aeronave corresponde.

The operator flight crew operations manual, duly approved by the local authority, defines severe turbulence intensity as: "AIRCRAFT REACTION: Turbulence that causes large, abrupt changes in altitude and/or attitude. It usually causes large variation in indicated airspeed. Aircraft may be momentarily out of control.; REACTION INSIDE AIRCRAFT: Occupants are forced violently against seat belts or shoulder straps. Unsecured objects are tossed about. Food service and walking is impossible."

Operator procedures for flight in severe turbulence are given in the relevant aircraft type FCOM.

### 1.17.2. Manual de operações da tripulação de voo (FCOM) || Flight crew operations manual (FCOM)

O manual FCOM, publicado pelo operador a 27 de outubro de 2016, determina a velocidade de penetração em ar turbulento severo como 280 kt ou 0,82 Mach, o que for menor, para altitude de 25000 pés ou superior.

Esta informação é marcada como item de memória, pelo uso do símbolo #, e deve portanto ser memorizada pela tripulação para uma reação rápida durante encontro com turbulência.

The FCOM manual, published by the operator on October 27<sup>th</sup>, 2016, determines the severe turbulent air penetration speed as 280 kt or 0.82 Mach, whichever is lower, when at 25000 ft or above.

This information is marked as a memory item, by the use of the # symbol, and therefore must be memorized by the flight crew for quick reaction to turbulence encounters.

Página intencionalmente deixada em branco || Page intentionally left blank

## 2. ANÁLISE || ANALYSIS

### 2.1. Informação meteorológica disponível || Available weather information

Embora muito difícil de antever o momento da ocorrência de turbulência em ar limpo, a informação meteorológica recebida antes do voo evidenciava que seria espectável turbulência moderada a severa ao cruzar o Atlântico na latitude 40°N, entre as longitudes 40°W e 20°W, do nível de voo 290 até ao 400.

Though being very difficult to predict accurately where and when clear turbulence may occur, the received pre-flight weather information showed that moderate to severe turbulence was to be expected while crossing the Atlantic at latitude 40°N, and between longitudes 40°W and 20°W, from flight levels 290 to 400.

### 2.2. Análise do áudio CVR || CVR audio analysis

A investigação determinou que a tripulação cumpriu a sua função adequadamente e as gravações não continham mais nenhum facto relevante com contribuição para este evento.

The investigation determined that the crew performed its duty adequately and the recordings contained no additional relevant contributory facts to this event.

### 2.3. Análise do radar meteorológico || Weather radar analysis

O teste de ambos os computadores do radar meteorológico concluiu que nenhuma das duas unidades registrou qualquer falha no momento do evento de turbulência que pudesse ter inibido a sua operação.

The test out of both weather radar computer concluded that none of the units recorded any faults at or near the time of the turbulence encounter that would have inhibited their operation.

O sistema de radar meteorológico funciona transmitindo um sinal de micro-ondas de alta intensidade, que é parcialmente refletido pelas formações meteorológicas e detetado pela antena recetora da aeronave. A intensidade, atraso e mudança de frequência (efeito Doppler) do reflexo deste sinal é então analisada pelos computadores do radar meteorológico, para se determinar o tamanho, intensidade, direção e movimento da formação meteorológica.

The on-board weather radar system works by sending out a high intensity microwave radio signal, which is partially reflected back by weather formations and picked up by the receiving antenna. This signal reflection intensity, delay and frequency shift (Doppler effect) is then examined by the on-board weather radar computers, to determine the size, intensity, direction and movement of the weather formation.

Para ser possível refletir as micro-ondas de volta para o radar da aeronave, é necessária uma quantidade mínima de humidade precipitável no ar, como nuvens por exemplo.

A minimum amount of precipitable moisture in the air is necessary, like clouds for instance, to reflect the microwaves back to the aircraft radar.

A turbulência de ar limpo (CAT) ocorre quando se encontram ventos fortes e secos em voo.

Clear Air Turbulences (CAT) occurs when strong and dry wind drafts are encountered in flight.

Página intencionalmente deixada em branco || Page intentionally left blank

### 3. CONCLUSÕES || CONCLUSIONS

#### 3.1. Constatações da investigação || Findings

A tripulação de voo estava licenciada e era qualificada para o voo de acordo com as regulamentações existentes.

Os registros de manutenção indicaram que a aeronave estava equipada e era mantida de acordo com as regulamentações existentes e procedimentos aprovados.

A massa e centro de gravidade da aeronave estavam dentro dos limites pré-estabelecidos.

Não houve evidência de falha ou mau funcionamento da aeronave ou sistemas.

A tripulação de voo recebeu informações meteorológicas antes do voo com indicação de que a turbulência era esperada durante a travessia do Atlântico.

Após o evento de turbulência, a tripulação seguiu os procedimentos estabelecidos, auxiliando os passageiros feridos e aterrando com segurança no aeroporto alternante.

The flight crew members were licensed and qualified for the flight in accordance with existing regulations.

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

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

There was no evidence of airframe failure or system malfunction.

The flight crew received pre-flight weather information with indication that turbulence was expected during the Atlantic crossing.

After the turbulence event, the crew followed the established procedures, assisting the injured passengers and safely landing at the diversion airport.

#### 3.2. Causas e fatores contributivos || Causes and contributing factors

##### 3.2.1. Causas prováveis || Probable causes

O GPIAAF determinou que a causa mais provável para este evento foi o encontro com turbulência severa em ar limpo (CAT), devido a ventos fortes e secos em alta altitude.

The SIA has determined that the most likely cause for this event was encounter with severe clear air turbulence (CAT), due to strong and dry winds at high altitude.

##### 3.2.2. Fatores contributivos || Contributing factors

A falta de humidade precipitável no ar, como nuvens por exemplo, impediu a deteção prematura de regiões instáveis pelo radar meteorológico de bordo.

Os ferimentos de alguns passageiros foram agravados por não terem seguido o comando do comandante de colocar o cinto.

The lack of precipitable moisture in the air, like clouds for instance, prevented the premature detection of unstable regions by the onboard meteorological radar.

Some passengers got injured for not properly following the captain's command to fasten the seat belts.

Página intencionalmente deixada em branco || Page intentionally left blank

## 4. RECOMENDAÇÕES || RECOMMENDATIONS

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

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

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

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

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

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

### 4.1. Recomendações de Segurança || Safety recommendations

Após uma análise criteriosa de todos os factos deste evento, a autoridade de investigação de segurança determinou não ser pertinente efetuar recomendações de segurança.

After a careful review all the facts of this event, the safety investigation authority deemed that it was not pertinent to issue any safety recommendation.

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

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

**A equipa de investigação.**

**The investigation team.**

Página intencionalmente deixada em branco || Page intentionally left blank

## 5. APÊNDICES || APPENDIXES

### 5.1. Gráficos dos dados de voo gravados || Plots from the recorded flight data

