

**UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR**



**AVALIAÇÃO DO CONTRIBUTO DA EVOLUÇÃO  
TECNOLÓGICA PARA A SEGURANÇA NO  
TRANSPORTE AÉREO**

**ANDRÉ FILIPE AMADOR FANGUEIRO**

**COVILHÃ  
2008**



**UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR**



**AVALIAÇÃO DO CONTRIBUTO DA EVOLUÇÃO  
TECNOLÓGICA PARA A SEGURANÇA NO  
TRANSPORTE AÉREO**

**ANDRÉ FILIPE AMADOR FANGUEIRO**

**COVILHÃ  
2008**

*"Computers are incredibly fast, accurate and stupid. Human beings are incredibly slow, inaccurate, and brilliant. Together they are powerful beyond imagination."*

Albert Einstein (1879 – 1955)

## **Resumo**

Neste trabalho efectua-se uma avaliação da contribuição da tecnologia para o aumento da segurança aérea a nível mundial. A análise elucida a forma de como a tecnologia continua a desempenhar um papel preponderante na resolução dos problemas existentes na aviação, mas também nos novos desafios criados. Estes desafios ao longo do tempo vão sendo superados, tornando a tecnologia um dos factores fundamentais para a redução da taxa de acidentes aéreos nos dias de hoje.

## **Palavras-chave**

Segurança de Voo, Evolução Tecnológica, Prevenção e Investigação de Incidentes/Acidentes Aéreos, Interação Humano-Máquina

## **Abstract**

In this work is carried out an assessment of the technology contribution in improving aviation safety worldwide. The analysis not only points out the way how technology continues to play a leading role in solving existing problems in aviation but also for the new challenges created by this evolution. Nowadays these challenges are being overcome, making the technology one of the basic factors for the air accidents rate reduction.

## **Key-words**

Flight Safety, Technological Evolution, Aircraft Accident/Incident Prevention and Investigation, Human-Machine Interaction

## **Agradecimentos**

Apesar de uma dissertação de mestrado ser um processo solitário a que qualquer acadêmico está destinado, esta reúne a contribuição de diversas pessoas.

Desde o início contei com a confiança e o apoio de imensas pessoas e instituições, sem as quais este trabalho não teria sido possível.

Agradeço a todos os Professores, colegas e restantes elementos do Departamento de Ciências Aeroespaciais da Universidade da Beira Interior, de quem sempre recebi simpatia e amizade.

Ao Professor Doutor Jorge Miguel dos Reis Silva, orientador da dissertação, agradeço o apoio, a partilha do conhecimento e os preciosos tributos para o trabalho. Obrigado por me continuar a guiar nesta batalha e por estimular o meu interesse pelo saber.

Um reconhecimento especial ao Engenheiro Aeronáutico José Carapeto pelo enorme interesse e disposição em cooperar sempre que pedido o seu auxílio.

Estou muito agradecido a todos os meus familiares pelo encorajamento recebido ao longo destes anos de vida académica. Aos meus primos, tios e avós agradeço a alegria e a energia que me dedicaram.

À minha namorada e aos meus pais, obrigado pelo amor, paciência, e o apoio incansável que me concederam sempre que eu precisei de força.

A todos um profundo... Obrigado!

## Índice Geral

Capítulo 1. Introdução .....	3
1.1 Enquadramento do Tema .....	3
1.2 Objectivo do Trabalho .....	3
1.3 Estrutura da Dissertação .....	4
Capítulo 2. Aviação – Evolução da Segurança.....	6
2.1 Introdução .....	6
2.2 Sector de Alto Risco .....	6
2.3 Evolução da Taxa Anual de Acidentes.....	7
2.4 Crescimento do Tráfego Aéreo e Segurança .....	10
2.5 Eficiência e Segurança.....	13
2.6 Gestão da Segurança.....	26
2.7 Conclusão .....	30
Capítulo 3. Humano e Tecnologia.....	32
3.1 Introdução .....	32
3.2 Sistemas de Informação.....	32
3.3 Tecnologia na Aviação .....	38
3.4 Confiança: Humano ou Máquina?.....	52
3.5 Conclusão .....	56
Capítulo 4. Caso de Estudo .....	57
4.1 Introdução.....	57
4.2 Definições .....	57
4.3 Fontes .....	59
4.4 Resultados.....	60
4.5 Conclusão .....	102
Capítulo 5. Conclusões .....	104
5.1 Síntese da Dissertação .....	104
5.2 Considerações Finais .....	106
5.3 Perspectivas de Investigação Futura.....	107
Bibliografia.....	109
Anexos.....	115

## Índice de Tabelas

Tabela 2.4.1: Previsão do desenvolvimento da frota de aeronaves de passageiros	11
Tabela 2.4.2: Previsão do desenvolvimento da frota de aeronaves de passageiros	11
Tabela 4.4.1: Distribuição de ocorrências por tipo de motor relacionadas com estruturas de aeronaves	66
Tabela 4.4.2: Distribuição de ocorrências por tipo de motor relacionadas com trens de aterragem	71
Tabela 4.4.3: Distribuição de ocorrências por tipo de motor relacionadas com superfícies de voo	74
Tabela 4.4.4: Distribuição de ocorrências e taxa de fatalidade por tipo de motor relacionadas com o sistema propulsivo	79
Tabela 4.4.5: Distribuição de ocorrências por tipo de motor relacionadas com voo VFR em IMC	83
Tabela 4.4.6: Distribuição de ocorrências por tipo de motor relacionadas com C.G errado	88
Tabela 4.4.7: Distribuição de ocorrências por tipo de motor relacionadas com colisões em voo	92
Tabela 4.4.8: Distribuição de ocorrências por tipo de motor relacionadas com gelo	99
Tabela 4.4.9: Distribuição de ocorrências por tipo de motor relacionadas com baixa visibilidade	101

## Índice de Figuras

Figura 2.3.1: Evolução da taxa anual de acidentes	8
Figura 2.4.1: Evolução do tráfego aéreo	10
Figura 2.4.2: Congestionamento de aeroportos na região da Ásia	12
Figura 2.5.1: Novos níveis de voo	15
Figura 2.5.2: ETOPS-60min	17
Figura 2.5.3: ETOPS-120min	17
Figura 2.5.4: ETOPS-180min	17
Figura 2.5.5: Evolução do tráfego de aeronaves ETOPS em voos transatlânticos	18
Figura 2.5.6: Controlo e estabilidade de voo <i>fly-by-wire</i>	21
Figura 2.5.7: <i>Cockpit</i> de uma aeronave <i>fly-by-wire</i>	22
Figura 2.5.8: CCQ	24
Figura 2.6.1: Triângulo de tolerância de risco	26
Figura 2.6.2: Causas atribuídas aos acidentes	28
Figura 2.6.3: Modelo de acidentes baseado no modelo de James Reason	29
Figura 2.6.4: Segurança vs Custos	29
Figura 3.2.1: Regra 1:600	34
Figura 3.3.1: Modos de voo patentes num PFD (Boeing 747)	40
Figura 3.3.2: “Flight Control Unit” (Airbus A320)	41
Figura 3.3.3: “Flight Control Unit” (Airbus A330)	41
Figura 3.3.4: “Mode Control Panel” (Boeing 737)	42
Figura 3.3.5: “Mode Control Panel” (Boeing 777)	42
Figura 3.3.6: Conceito “Less Paper in the <i>Cockpit</i> ”	44
Figura 3.3.7: Conceito “Less Paper in the <i>Cockpit</i> ” integrado no Airbus A380	45
Figura 3.3.8: Telecomunicações a bordo dos aviões	48
Figura 3.3.9: Protecção de ângulos de ataque elevados	49
Figura 3.3.10: Demonstração analítica das protecções	50
Figura 3.3.11: Trajectórias de saída em caso de CFIT	51
Figura 3.4.1: “User-Centered <i>Design</i> ”	54
Figura 4.4.1: Evolução anual do número de passageiros e taxa de acidentes fatais por passageiros (não inclui aviação executiva nem militar)	60
Figura 4.4.2: Evolução anual do número de acidentes e fatalidades (não inclui aviação executiva nem militar)	61

Figura 4.4.3: Evolução dos acidentes fatais por fase de voo	62
Figura 4.4.4: Evolução dos acidentes fatais por fase de voo (estudo adaptado da Boeing)	63
Figura 4.4.5: Evolução do número de acidentes por milhão de passageiros transportados relacionados com estruturas de aeronaves	64
Figura 4.4.6: Evolução da taxa de fatalidade média – Acidentes relacionados com estruturas de aeronaves	66
Figura 4.4.7: Evolução dos acidentes relacionados com estruturas de aeronaves por fase de voo	67
Figura 4.4.8: Causa dos acidentes relacionados com estruturas de aeronaves	68
Figura 4.4.9: Falhas humanas dos acidentes relacionados com estruturas de aeronaves	69
Figura 4.4.10: Evolução do número de acidentes por milhão de passageiros transportados relacionados com trens de aterragem	70
Figura 4.4.11: Evolução dos acidentes relacionados com trens de aterragem por fase de voo	71
Figura 4.4.12: Eixos de coordenadas de uma aeronave e respectivos movimentos	72
Figura 4.4.13: Evolução do número de ocorrências por milhão de passageiros transportados relacionados com superfícies de voo	73
Figura 4.4.14: Evolução da taxa de fatalidade média de ocorrências relacionadas com superfícies de voo	74
Figura 4.4.15: Evolução das ocorrências relacionadas com superfícies de voo por fase de voo	75
Figura 4.4.16: Causa das ocorrências relacionadas com superfícies de voo por fase de voo	76
Figura 4.4.17: Falhas humanas das ocorrências relacionadas com superfícies de voo por fase de voo	77
Figura 4.4.18: Evolução do número de ocorrências por milhão de passageiros transportados relacionados com o sistema propulsivo	77
Figura 4.4.19: Evolução da taxa de fatalidade média de ocorrências relacionados com o sistema propulsivo	78
Figura 4.4.20: Evolução das ocorrências relacionadas com o sistema propulsivo por fase de voo	79
Figura 4.4.21: Causa das ocorrências relacionadas com o sistema propulsivo	80

Figura 4.4.22: Falhas humanas das ocorrências relacionadas com o sistema propulsivo	80
Figura 4.4.23: Acidentes relacionados com a tripulação de <i>cockpit</i>	81
Figura 4.4.24: Acidentes relacionados com controlo e navegação aérea	82
Figura 4.4.25: Evolução do número de acidentes por milhão de passageiros transportados relacionados com voo VFR em IMC	84
Figura 4.4.26: Acidentes relacionados com manutenção	85
Figura 4.4.27: Evolução das ocorrências relacionadas com manutenção por fase de voo	86
Figura 4.4.28: Acidentes relacionados com peso e centragem	87
Figura 4.4.29: Evolução do número de acidentes relacionados com o erro no cálculo de centro de gravidade	88
Figura 4.4.30: Acidentes relacionados com colisão de aeronaves	89
Figura 4.4.31: Evolução do número de acidentes por milhão de passageiros transportados relacionados com colisões de aeronaves em voo	90
Figura 4.4.32: Evolução da taxa de fatalidade média de acidentes relacionados com colisões em voo	92
Figura 4.4.33: Acidentes relacionados com colisão de objectos e outros corpos	93
Figura 4.4.34: Evolução do número de acidentes por milhão de passageiros transportados relacionados com colisões de aves	94
Figura 4.4.35: Evolução da taxa de fatalidade média de acidentes relacionados com colisões de aves	95
Figura 4.4.36: Acidentes relacionados com factores externos	95
Figura 4.4.37: Vórtices	96
Figura 4.4.38: Evolução das ocorrências relacionadas com turbulência de esteira por fase de voo	97
Figura 4.4.39: Acidentes relacionados com condições meteorológicas	98
Figura 4.4.40: Evolução do número de acidentes por milhão de passageiros transportados relacionados com gelo	98
Figura 4.4.41: Evolução do número de acidentes por milhão de passageiros transportados relacionados com baixa visibilidade	100
Figura 4.4.42: Evolução das ocorrências relacionadas com baixa visibilidade por fase de voo	101

## Abreviaturas

ACAS	Airborne Collision Avoidance System
AD	Airworthiness Directive
ADREP	Accident/Incident Data Reporting
AFM	Aircraft Flight Manual
APU	Auxiliary Power Unit
ASRS	Aviation Safety Reporting System
ATC	Air Traffic Control
ATM	Air Traffic Management
CAST	Commercial Aviation Safety Team
CCOM	Cabin Crew Operating Manual
CCQ	Cross-Crew-Qualification
CDL	Configuration Deviation List
CFIT	Controlled Flight Into Terrain
CHIRP	Confidential Human Factors Incident Reporting Programme
CRM	Cockpit Resource Management
CVR	Cockpit Voice Recorder
EASA	European Aviation Safety Agency
ECAM	Electronic Centralised Aircraft Monitor
ECCAIRS	European Co-Ordination Centre for Aviation Incident Reporting Systems
EFIS	Electronic Flight Instrument System
EGPWS	Enhanced Ground Proximity Warning System
ELAC	Elevator and Aileron Computer
ETOPS	Extended-range Twin-engine Operational Performance Standards
EVS	Enhanced Vision System
FAA	Federal Aviation Administration
FADEC	Full Authority Digital Engine Control
FCOM	Flight Crew Operating Manual
FCTM	Flight Crew Training Manual
FCU	Flight Control Unit
FDM	Flight Data Monitoring
FDR	Flight Data Recorder
FMC	Flight Management Computer
FMS	Flight Management System
FOD	Foreign Object Damage
GPS	Global Positioning System
GPWS	Ground Proximity Warning System
HDG SEL	Heading Select
ICAO	International Civil Aviation Organization
IFR	Instrument Flight Rules
ILS	Instrument Landing System
IMC	Instrument Meteorological Conditions
LCD	Liquid Crystal Display

LOSA	Line Operation Safety Audit
LPC	Less Paper in the Cockpit
LROPS	Long Range Operational Performance Standards
MCDU	Multifunction Control Display Unit
MCP	Mode Control Panel
MEL	Minimum Equipment List
MFF	Mixed Fleet Flying
MLS	Microwave Landing System
MMEL	Master Minimum Equipment List
NTSB	National Transportation Safety Board
PDA	Personal Digital Assistant
PFD	Primary Flight Display
SAS	Scandinavian Airlines International
SB	Service Bulletin
SMM	Safety Management Manual
SPD	Speed
SRM	Structural Repair Manual
STCA	Short Term Conflict Alert
STR	Same Type Rating
TAWS	Terrain Awareness & Warning Systems
TCAS	Traffic Collision Avoidance System
TOGA	Take Off /Go Around
VFR	Visual Flight Rules
VMC	Visual Meteorological Conditions
VNAV	Vertical Navigation

# Capítulo 1. Introdução

## *1.1 Enquadramento do Tema*

Desde o seu nascimento, o mundo da aviação foi marcado pelo seu crescimento impetuoso. Na sua história ainda curta está o primeiro voo dos irmãos Wright há pouco mais de 100 anos, contudo a indústria só despoletou após a 1ª Guerra Mundial e hoje a aviação é vista como uma ferramenta fulcral para o desenvolvimento económico mundial.

Na raiz deste crescimento estão, por exemplo, os avanços tecnológicos que trouxeram a automação e maior eficiência às aeronaves modernas, reduzindo a carga de trabalho às tripulações e os custos de operação. Obviamente, a segurança aeronáutica também foi beneficiada com este desenvolvimento tecnológico, sendo aliás o principal motivo para tal evolução. Hoje em dia, a nova geração de aeronaves altamente automatizadas conseguiu atingir patamares de segurança nunca antes alcançados pelas gerações anteriores.

No entanto, o crescimento no número de passageiros transportados duplicou nas últimas 3 décadas, significando um aumento extraordinário do tráfego aéreo. Este crescimento poderá ser cada vez mais um motivo de preocupação, pois quanto maior a quantidade de aeronaves a operar superior é a probabilidade da existência de ocorrências.

O erro humano tem sido um dos factores mais apontados nos últimos anos como causa de acidentes aéreos. Apesar da implementação de tecnologia visar o aumento da segurança aérea, é necessário averiguar se esta realmente tem cumprido a missão para a qual foi criada.

## *1.2 Objectivo do Trabalho*

Este trabalho procura avaliar o impacto real e potencial da evolução tecnológica em matéria de segurança de voo, com especial ênfase em determinadas causas que, segundo as estatísticas oficiais, mais têm contribuído para incidentes e/ou acidentes no sector da aviação civil.

Desde há vários anos, a segurança aeronáutica tem chamado a atenção de vários investigadores de diversas áreas, desde as Ciências Sociais até às Engenharias,

interessados em procurar melhorar os padrões de segurança na aviação. Nas últimas duas décadas, a influência da tecnologia na aviação tem constituído um objecto de pesquisa do maior interesse para os investigadores, tornando-se num dos temas principais no campo da segurança aeronáutica.

Apesar da relativa contribuição científica em torno dos problemas e desafios levantados pela tecnologia, a verdade é que pouca análise tem sido realizada para medir efectivamente até que ponto o impacto tecnológico mudou a segurança na aviação.

Este trabalho resulta do forte empenho numa contribuição válida para a melhoria da segurança de voo, identificando os pressupostos que sempre a colocaram em causa, sobretudo as resultantes da pressão exercida ultimamente sobre o sector do transporte aéreo a que a evolução tecnológica tem procurado responder.

### ***1.3 Estrutura da Dissertação***

A dissertação é constituída por 5 capítulos. No capítulo 1 é feita a introdução ao estudo, apresentando o enquadramento da investigação, os seus principais objectivos e a estrutura da dissertação.

Nos dois capítulos seguintes é feita uma abordagem teórica sobre a influência de vários factores na segurança aérea, analisando o estado actual de arte relativamente ao tema em estudo. No capítulo 2 são apresentados, de uma forma geral, contribuidores para o aumento de perigos no sector aéreo, tal como diversas análises efectuadas por especialistas na área sobre o desenvolvimento que esta indústria tem vindo a sofrer ao longo dos anos, com especial ênfase nas questões económicas. Finalmente, é realizada uma breve referência à gestão de risco, tanto empresarial como das entidades reguladoras do sector, de forma a salientar a importância necessária para a sensibilização na segurança aérea nestas organizações nos dias de hoje.

No capítulo 3, é aprofundada a temática da interacção Humano-Máquina. Foram analisados estudos anteriormente efectuados de maneira a avaliar o contributo destes na mudança de mentalidades e atitudes influentes na segurança aeronáutica. Foi prestada uma maior atenção aos problemas resolvidos e criados pela introdução de novas tecnologias nas aeronaves, tal como o seu processo de implementação. Por

último, foi abordada uma questão sensível da actualidade na aviação: a atribuição da confiança, à tecnologia ou ao Humano.

No capítulo 4 é apresentado um estudo efectuado com a finalidade de analisar a evolução dos acidentes aéreos relacionados com várias aéreas da Engenharia Aeronáutica, de modo a perceber que influência poderá ter a tecnologia em prevenir ou até em criar acidentes aéreos. Neste capítulo são analisados exhaustivamente os factores mais contributivos para a ocorrência de acidentes com o auxílio da análise de casos de estudo que serviram e continuam a servir de referência à prevenção de acidentes no presente.

No capítulo 5 apresenta-se a síntese da dissertação, tecem-se algumas considerações finais e apresentação perspectivas de investigação futura deixadas em aberto neste trabalho.

No final da dissertação é apresentada uma lista de bibliografia consultada, tal como os anexos referentes ao trabalho efectuado.

## **Capítulo 2. Aviação – Evolução da Segurança**

### ***2.1 Introdução***

Este capítulo tem como objectivo abordar de uma forma geral a evolução da segurança aérea ao longo dos últimos anos, identificando os aspectos mais importantes que contribuíram para este crescimento.

Como se tem verificado, a aviação comercial torna-se de ano para ano mais segura, apesar de estar englobada num sector denominado de risco. Esta evolução, ultimamente baseada no avanço tecnológico, atingiu níveis tão elevados que a indústria tem direccionado os seus esforços para o aumento da eficiência das aeronaves tornando o sector mais competitivo. Para garantir a segurança neste ambiente novas medidas foram implementadas, nomeadamente no que diz respeito à gestão da segurança dentro das organizações do sector aeronáutico. Estes temas e outros irão ser analisados a fim de perceber a sua influência na segurança aérea, focando principalmente de que forma é que a evolução tecnológica tem sido utilizada pela indústria aeronáutica.

### ***2.2 Sector de Alto Risco***

Uma das características da aviação comercial é pertencer a um grupo restrito de organizações de alto risco (Indústrias Nucleares, Petroquímicas, etc.), estas distinguem-se pelo factor fiabilidade ser prioritário à eficiência (Ballesteros, 2007). A aviação comercial sendo uma actividade de risco acrescido é portanto sensível a anomalias que ocorram dentro do sistema.

Na realidade, o maior pesadelo que uma companhia aérea pode ter é a queda de uma aeronave com centenas de pessoas a bordo. Um desastre desta natureza tem como consequência o impacto negativo no público, e este nunca é calculável. Como tal, o receio que existam acidentes por parte das companhias aéreas e construtoras acaba por pressioná-las a estarem atentas e a realizarem constantes aperfeiçoamentos para salvaguardar a segurança dos passageiros, tripulações e aeronaves.

Um caso relativamente recente foi a queda do Concorde a 25 de Julho de 2000 em Paris causando a morte a 113 pessoas. Após o acidente, altamente mediatizado

pela comunicação social, as companhias *British Airways* e *Air France* (as únicas operadoras do Concorde) efectuaram um programa rigoroso de modificações para tornar o avião mais seguro. Quis a história que a data do primeiro voo do Concorde depois deste ter conseguido o certificado de aeronavegabilidade na consequência das modificações operadas nos tanques de combustível coincidissem com os ataques terroristas nos Estados Unidos da América, em 11 de Setembro. Como se sabe os anos seguintes a estes ataques foram os piores no crescimento da aviação e o Concorde não escapou à crise, levando-o ao seu afastamento. As razões citadas pelas operadoras foram as que se esperavam, falta de passageiros, a crise do sector da aviação pós 11 de Setembro e os custos elevados de manutenção da aeronave.

Infelizmente o Concorde ficou para a estatística como sendo o avião mais inseguro da história com uma taxa de fatalidade de 12,5 mortes por milhões de voos<sup>1</sup>, com apenas um acidente contabilizado. Porém antes do acidente era considerado o avião mais seguro do mundo.

Estes acontecimentos acabam por comprovar uma teoria desenvolvida por Charles Perrow, o qual afirma que os passageiros tendem a evitar viajar de avião quando acontecimentos trágicos acontecem no sector ou evitar modelos específicos de aeronaves quando a taxa de acidentes estatisticamente não é favorável, tornando assim a aviação comercial uma actividade de alto risco.

### ***2.3 Evolução da Taxa Anual de Acidentes***

A evolução da taxa anual de acidentes aéreos (fig. 2.3.1) é matéria que requer atenção especial aquando efectuada a sua análise, isto porque, pode ter leituras divergentes conforme o crítico que a comenta.

Todavia, é importante explicar que esta taxa pode ser apresentada através de vários formatos, sendo os mais comuns, (entre outros):

- ❖ Número de acidentes por milhões de descolagens;
- ❖ Número de acidentes por milhões de passageiros.

---

<sup>1</sup> [www.airdisaster.com/statistics](http://www.airdisaster.com/statistics)

## Accident Rates and Onboard Fatalities by Year

Worldwide Commercial Jet Fleet – 1959 Through 2006

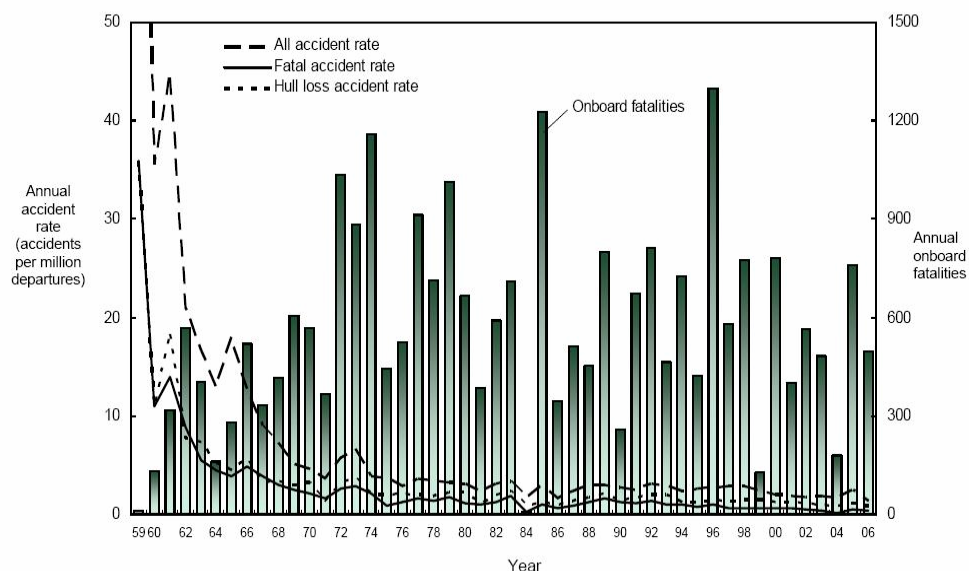


Figura 2.3.1: Evolução da taxa anual de acidentes  
Fonte: Boeing Commercial Airplanes (2007a)

Esta taxa é no sector da aviação um indicador de como evolui a segurança aérea (*safety*), como tal é estudada desde há muito tempo.

A fim de melhorar a compreensão da importância deste parâmetro de avaliação efectuou-se a análise da figura 2.3.1 referente a um estudo da Boeing realizado anualmente, onde é abordada a evolução da taxa de acidentes na frota comercial dos aviões a jacto, não incluindo portanto as operações comerciais realizadas por aviões turbo-hélice.

No período entre 1959 e 1975 a taxa de acidentes fatais caiu notavelmente de 35 acidentes por milhões de descolagens para sensivelmente 4 acidentes por milhões de descolagens. Entre 1975 e 1996 esta taxa manteve-se quase sempre com um comportamento constante. No entanto a partir de 1996 a taxa começa uma descida lenta para valores muito próximos do zero. Significa portanto, que o número de acidentes fatais é menor apesar do aumento do tráfego aéreo.

Porém, outras análises afirmam que o investimento em tecnologias poderá ser desnecessário, visto que o nível de equilíbrio entre os custos e a segurança já foi atingido. Estes complementam ainda que o actual sistema baseado no avanço tecnológico e a implementação de regulamentações tenha sido útil, contudo terá

chegado ao limite das suas potencialidades e são necessárias mudanças (Ballesteros, 2007).

No início da década de 90 foram realizados diversos estudos que demonstravam uma preocupação em relação à taxa de acidentes. Esta mantinha-se constante, significando assim uma subida do número de acidentes. Em 1994 um estudo antecipava que em 2003 o número fatalidades em acidentes aéreos ascendesse a 1200, isto caso a tendência da taxa anual de acidentes se mantivesse (Corrie, 1994). Tal situação não se veio a verificar, o ano de 2003 não só obteve valores mais baixos que os previstos (675 fatalidades), mas também foi o ano com menos acidentes desde 1946.

Apesar da previsão felizmente ter falhado, as recomendações existentes no estudo foram essenciais para aperfeiçoar a segurança aérea. Estas recomendações alertaram principalmente as entidades reguladoras a criarem novos programas de incentivo, que visavam a redução da sinistralidade aérea.

Dois anos após este estudo a equipa de factores humanos da FAA pública um extenso relatório onde também revela alguma preocupação com a evolução da taxa de acidentes. Contudo o estudo é muito objectivo no que diz respeito às causas do aumento de acidentes, apontando as deficiências existentes na época à difícil adaptação do humano às novas tecnologias. Tecnologias essas que eliminaram muitos problemas do passado, mas transportando com elas novas dificuldades aumentando o fenómeno do “erro humano”. Porém, estes novos desafios que a tecnologia trouxe têm vindo a ser solucionados com a constante evolução da tecnologia e integração do humano. Contudo é preciso não esquecer que as novas tecnologias não estão ao dispor das operadoras imediatamente depois de serem lançadas. Tudo leva o seu tempo e a introdução de novas tecnologias em aeronaves de gerações mais antigas podem trazer custos não aceitáveis para as companhias, principalmente se as tecnologias tiverem carácter recomendatório poderão não ser aplicadas. Logo, muitas vezes a introdução de novos sistemas tecnológicos nas companhias são seguidos quando esta faz a renovação de frota por aeronaves modernas, processo que pode demorar anos.

Os estudos efectuados nos anos 90 deram uma enorme contribuição à segurança aeronáutica alertando todos os intervenientes que maior atenção teria que ser prestada à evolução tecnológica em nome da continuidade da boa reputação e dos níveis de segurança do sector aeronáutico.

Embora o actual sistema baseado no modelo tecnológico possa já ter passado a fase de maturidade, é difícil neste momento admitir que tenha atingido a saturação, visto que a evolução da segurança tem sido positiva com o registo de cada vez menos acidentes.

## 2.4 Crescimento do Tráfego Aéreo e Segurança

Tal como foi referido anteriormente, o aumento do tráfego aéreo é um factor importante no estudo da taxa de acidentes. Esta taxa caso se mantivesse constante seria um mau indicador de segurança, isto porque significaria que associado ao crescimento do tráfego aéreo estaria também o crescimento do número de acidentes. Um relatório<sup>2</sup>, elaborado em 1997, divulga que irá ocorrer um acidente grave todas as semanas em 2015 caso a taxa de acidentes continuasse a progredir constantemente, como estava na altura. Apesar do número de acidentes nos últimos anos estar a decrescer, a evolução do tráfego aéreo exige precaução. Isto porque, quanto mais aeronaves estiverem em circulação maior é a probabilidade da ocorrência de acidentes.

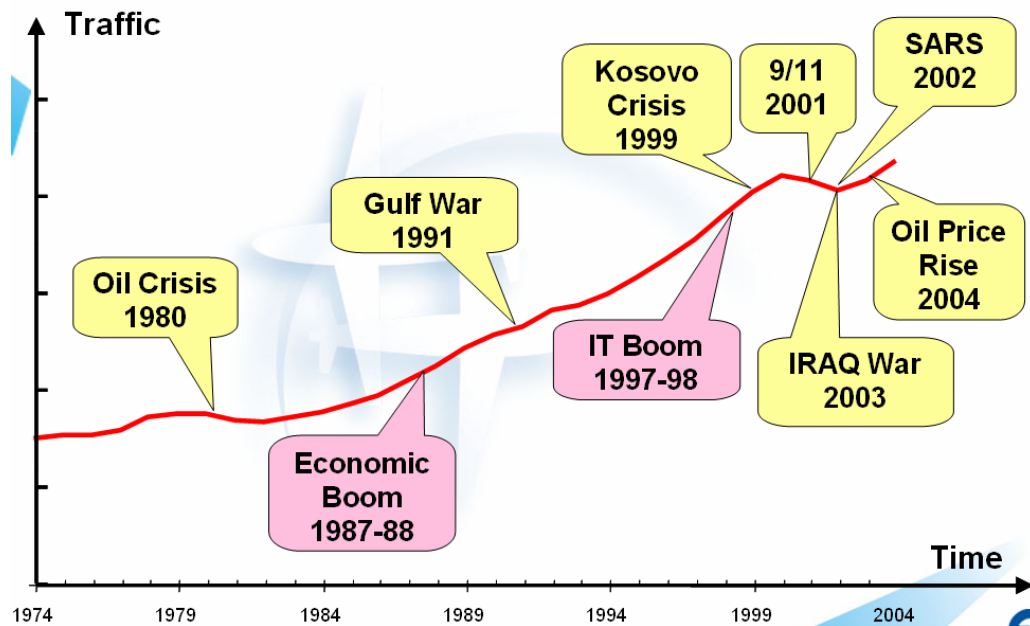


Figura 2.4.1: Evolução do tráfego aéreo  
Fonte: Eurocontrol (2007)

<sup>2</sup> White House Commission on Aviation Safety and Security “Final Report to President Clinton”

Como ilustra a fig. 2.4.1 a evolução do tráfego aéreo depende de muitas variáveis, sendo uma delas a evolução da tecnologia. Por exemplo, os actuais sistemas de navegação são mais precisos, levando a que seja permitido mais níveis de voo à custa de uma menor separação entre aeronaves. A aposta na tecnologia tem os seus riscos, e o mínimo erro das tripulações pode levar ao acidente.

No entanto, esta confiança na tecnologia e na implementação de novas regras é o fruto duma técnica: Previsão. Muito graças a esta técnica criam-se programas com o objectivo de evitar futuros problemas.

Previsões realizadas pela Boeing e Airbus apontam que o crescimento médio anual do tráfego aéreo situar-se-á na ordem dos 5%.

Tabela 2.4.1: Previsão do desenvolvimento da frota de aeronaves de passageiros  
**Passenger fleet development**

	Fleet 2006	New Aircraft deliveries 2007-2016	New Aircraft deliveries 2017-2026	New Aircraft deliveries 2007-2026	Remaining in service		Fleet 2026
					Recycled	With same operator	
50-seat	5,586	712	1,854	2,566	2,331	92	4,989
70/85-seat	1,224	1,750	1,837	3,587	446	218	4,251
100-seat	1,507	1,311	1,060	2,371	176	77	2,624
125/210-seat	8,706	6,351	7,898	14,249	3,748	543	18,540
Small twin aisle	2,172	1,880	1,987	3,867	349	86	4,302
Intermediate twin-aisle	876	731	884	1,615	139	31	1,785
VLA	23	520	763	1,283	0	0	1,283
<b>Total</b>	<b>20,094</b>	<b>13,255</b>	<b>16,283</b>	<b>29,538</b>	<b>7,189</b>	<b>1,047</b>	<b>37,774</b>

Fonte: Airbus (2007)

Tabela 2.4.2: Previsão do desenvolvimento da frota de aeronaves de passageiros

Passenger Fleet Development

Size category	End of year 2006	Removed from service	Converted to freighter	New deliveries 2007 to 2026	End of year 2026
Large*	560	560	-	590	610
Medium	1,160	870	-	2,620	2,930
Small	1,310	1,160	-	3,190	3,340
<b>Total twin aisle</b>	<b>3,070</b>	<b>2,590</b>	<b>1,210</b>	<b>6,400</b>	<b>6,880</b>
More than 175 seats	1,290	1,030	-	2,540	2,800
90 to 175 seats	6,890	5,400	-	15,090	18,580
<b>Total single aisle</b>	<b>10,180</b>	<b>6,430</b>	<b>1,270</b>	<b>17,630</b>	<b>21,380</b>
<b>Total regional jets</b>	<b>3,000</b>	<b>2,520</b>	<b>-</b>	<b>3,700</b>	<b>4,180</b>
<b>Total passenger</b>	<b>16,250</b>	<b>11,540</b>	<b>2,480</b>	<b>27,730</b>	<b>32,440</b>

Fonte: Boeing Commercial Airplanes (2007b)

No que diz respeito à segurança aeronáutica este crescimento de tráfego poderá trazer novos perigos na operação de aeronaves, é preciso apurar novas estratégias tanto tecnológicas como regulamentares para precaver possíveis problemas. O aumento de tráfego aéreo não pode de maneira nenhuma por em causa os níveis de excelência que a segurança aeronáutica hoje possui.

Actualmente os aeroportos, em geral situados nas grandes áreas metropolitanas, estão a ter problemas de congestionamento causando atrasos devido à evolução do tráfego aéreo.

Assim sendo, a gestão do tráfego aéreo (ATM) torna-se uma ferramenta necessária para que os parâmetros de segurança permaneçam elevados.

## Already operating at or near design capacity

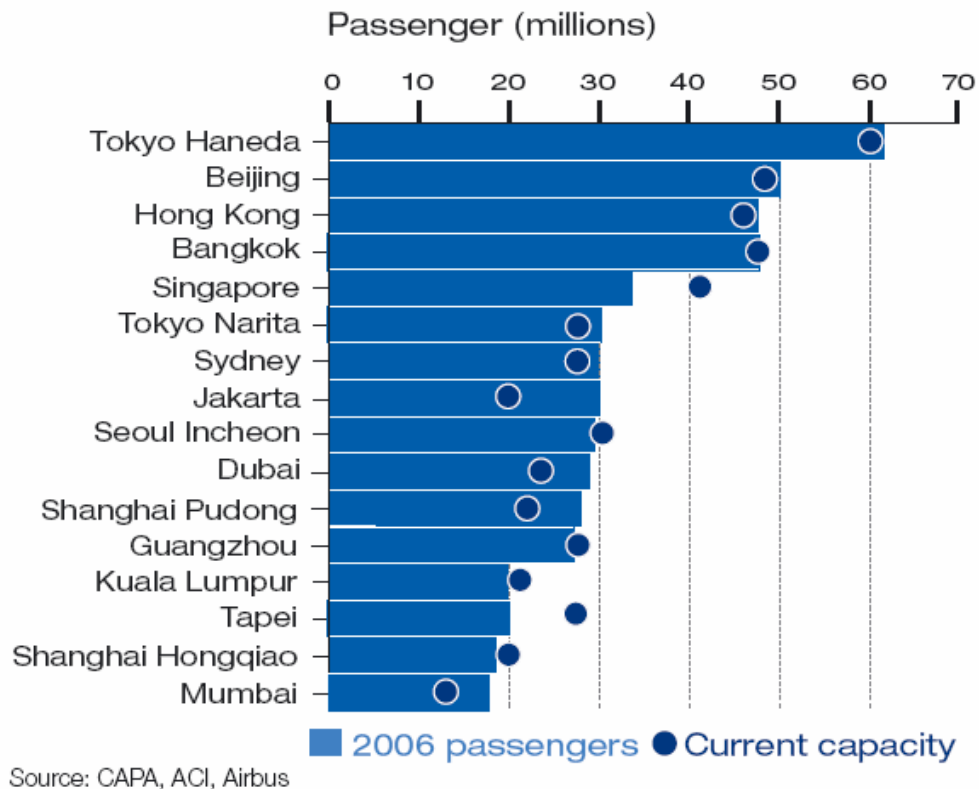


Figura 2.4.2: Congestionamento de aeroportos na região da Ásia  
Fonte: Airbus (2007)

É preciso frisar que o congestionamento aéreo acarreta possíveis ocorrências como de CFIT, incursões de pista e colisões aéreas, estando já ao serviço de muitas companhias aéreas e aeroportos equipamentos que ajudam a evitar acidentes/incidentes deste género.

Voar é a forma mais segura de viajar, mas a segurança do tráfego aéreo precisa de ser rigorosamente trabalhada. O maior desafio é o crescimento do tráfego, porque quando os valores deste dobram o risco é elevado ao quadrado<sup>3</sup>, logo têm que ser intensificados esforços para que a taxa de acidentes continue a descer.

## ***2.5 Eficiência e Segurança***

O avanço da tecnologia ao longo destes anos permitiu sem margens para dúvidas um aumento da segurança. Porém, a evolução tecnológica acabou por ser *vítima* do seu próprio sucesso. Muitas tecnologias criadas com o objectivo de aumentar a segurança das operações evoluíram de tal modo que além de garantirem segurança quase absoluta adicionaram o factor eficiência nas operações. Apesar do sector aeronáutico considerar a segurança prioritária, a verdade é que nos últimos anos a necessidade do aumento de eficiência tem ganho cada vez mais importância. Construtores e operadores começaram a apostar em estudar tecnologias que visavam obter melhores desempenhos das aeronaves (ex.: altitude, operações em condições atmosféricas adversas) e redução de custos (ex.: número de tripulantes).

Muitas áreas foram atingidas por esta evolução, como por exemplo:

- ❖ Sistemas de navegação;
  - ❖ Propulsão (ETOPS, Voo Supersónico);
  - ❖ Sistema de controlo e de informação;
  - ❖ Gestão.
- 
- Sistemas de navegação

Os sistemas de navegação de uma aeronave têm como função auxiliar o piloto em fornecer informação da posição da mesma. Nos últimos anos estes sistemas

---

<sup>3</sup> Air Traffic Safety Fact Sheet – July 2007 (EUROCONTROL)

tornaram-se cada vez mais precisos, esta precisão veio aumentar a eficiência das companhias nas operações de voo.

Um sistema criado em 1937, ainda hoje em uso, veio alterar as operações de voo solucionando algumas limitações existentes, sistema chamado de ILS.

O ILS é um sistema de grande precisão de ajuda às aproximações que se encontra instalado em muitos aeroportos no mundo. Este sistema envia um sinal que por sua vez recebido pelos aviônicos da aeronave fornece as direcções verticais e horizontais nas fases mais críticas do voo – Aproximação/Aterragem.

Este sistema de navegação assegura ao piloto uma aterragem através da escuridão ou condições meteorológicas adversas anteriormente não possíveis de efectuar. O ILS alinha a aeronave com a linha central da pista, e também disponibiliza aos pilotos o ângulo correcto de descida, evitando assim possíveis obstáculos durante a fase de aproximação.

O ILS está dividido em vários tipos de categorias, sendo estas referentes ao nível de desempenho das aterragens. A categoria mais elevada, categoria IIIc, permite às aeronaves devidamente equipadas aterrarem automaticamente com visibilidade nula, isto sem intervenção do piloto.

Assim, o ILS promove a segurança aérea e garante que a aeronave aterre no destino pretendido sem ter que recorrer a aeroportos alternativos em busca de melhores condições de segurança. O ILS providencia um aumento de eficiência nas operações, evitando o cancelamento de voos ou a alteração de aeroportos e assim custos adicionais aos operadores.

Contudo, outros sistemas foram criados com o intuito de substituir o ILS, como por exemplo o MLS, mas devido a problemas políticos e financeiros nunca chegou a ser implementado em larga escala, servindo actualmente alguns aeroportos conhecidos pelas suas condições de baixa visibilidade na Europa.

Uma das razões que levou ao cancelamento do programa MLS foi precisamente outro sistema de navegação, o GPS. Apesar de ainda estar numa fase de negociações para a sua utilização, o GPS foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América. Este promete elevada precisão aliada à capacidade de operar em aeroportos sem equipamento específico de ajuda à navegação, fornecendo assim às operadoras maior capacidade de explorar outras regiões em segurança e com a eficiência em grande plano.

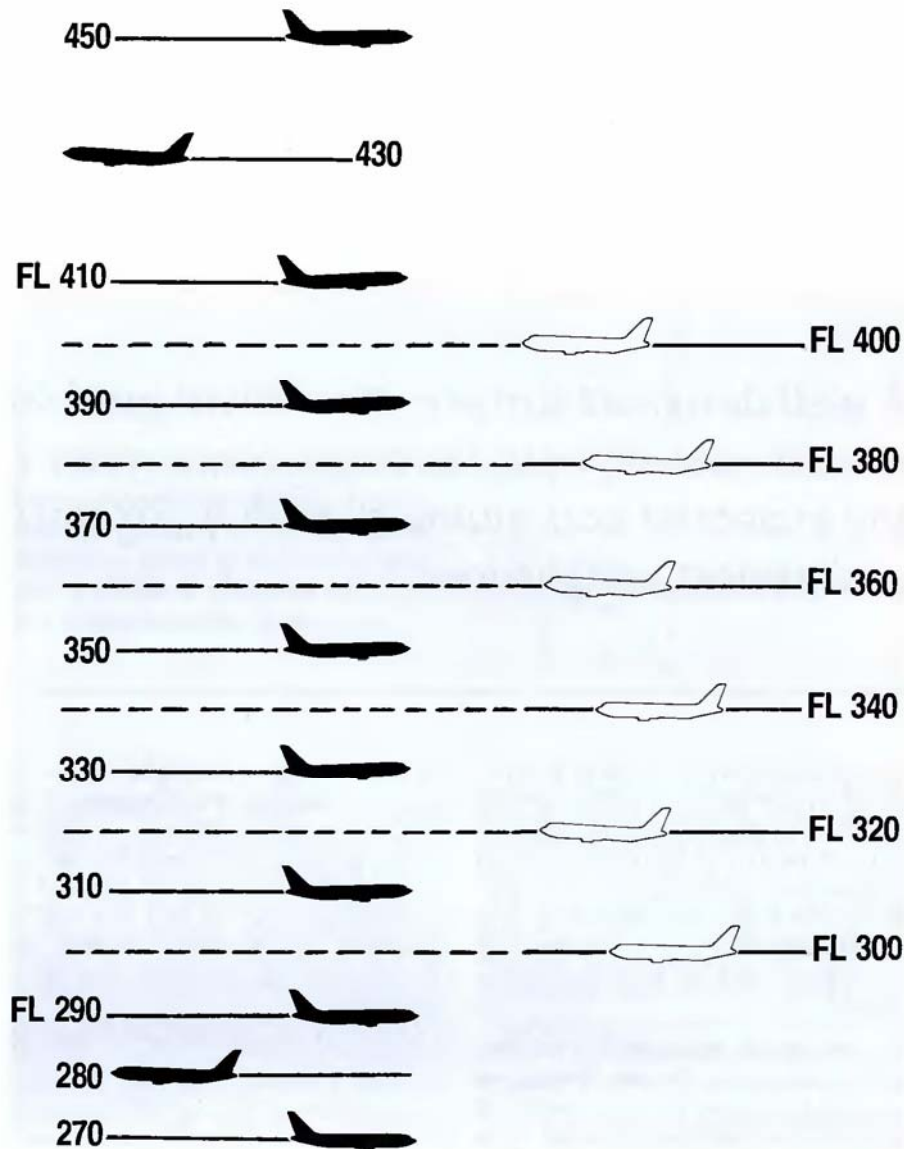


Figura 2.5.1: Novos níveis de voo  
 Fonte: Heijl (1990)

Porém, a evolução dos sistemas de navegação não trouxe unicamente capacidade de voar em todas as condições de baixa visibilidade. Entre 1991 e 2005, foram adicionados mais seis níveis de voo na fase de cruzeiro, em grande parte devido ao aumento de tráfego aéreo. No entanto a adição destes níveis de voo exigiu que o critério de separação mínima de aeronaves fosse alterado, confiando em tecnologia como o TCAS para evitar colisões aéreas. Esta medida permitiu que mais voos fossem planejados, aumentando assim a capacidade das companhias lucrarem mais.

- Propulsão – ETOPS

É, talvez, no ramo da propulsão que a evolução tecnológica conseguiu o maior passo no que diz respeito ao aumento da eficiência das operações de voo.

Em 1953, a FAA aplicou regras que proibiam aeronaves com dois e três motores efectuarem voos onde o aeroporto alternativo estivesse a mais de 60 minutos de distância da sua rota (neste período de tempo a aeronave teria que voar com um motor operacional). Conhecida pela “Regra dos 60 Minutos”, esta foi baseada na fiabilidade demonstrada dos motores pistão usados na altura, por exemplo em aeronaves como o DC-3.

Esta regra foi alterada em 1964 permitindo a aeronaves com três motores realizarem voos a mais de 60 minutos de um aeroporto alternativo, como por exemplo o Boeing 727 ou o Lockheed L-1011 Tristar.

Após uma longa discussão no sector da aviação, foi em 1985 que a FAA tomou um passo que iria alterar a história da aviação ao criar novas regras (mais tarde seguidas pela congénere europeia). Estas regras permitiram que os operadores procurassem qualificações para voar em rotas a mais de 120 minutos do aeroporto alternativo com aeronaves bimotoras (com um motor operacional), regulamentos esses conhecidos por ETOPS.

Entretanto, devido ao sucesso do regulamento ETOPS-120min, em 1988 autoridades americanas e europeias estenderam o período possível de emergência para 180 minutos do aeroporto alternativo (ETOPS-180min). Todavia estas regras implicavam um esforço técnico e operacional superior às ETOPS-120min, devido ao risco acrescido.

Estas novas regulamentações abriram portas sobretudo às companhias cujo mercado era o voo transatlântico, pois as novas regras ETOPS provaram ser seguras e os voos tornaram-se rotina em todo o Mundo. Bimotores a jacto como o Boeing 767 ou o Airbus A300 tornaram-se as aeronaves predilectas para os ETOPS-120min e ETOPS-180min devido ao seu baixo custo de operação e à capacidade de operarem distâncias como as rotas do Atlântico Norte.

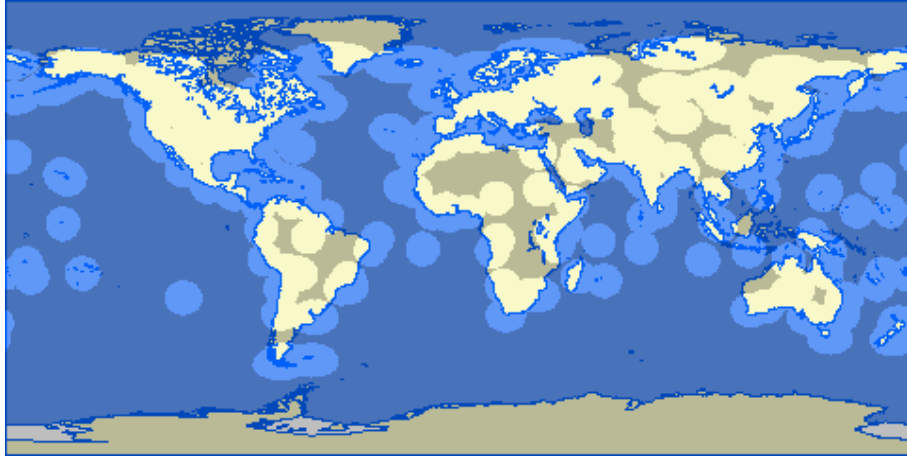


Figura 2.5.2: ETOPS-60min  
*Fonte: Great Circle Mapper (2008)*

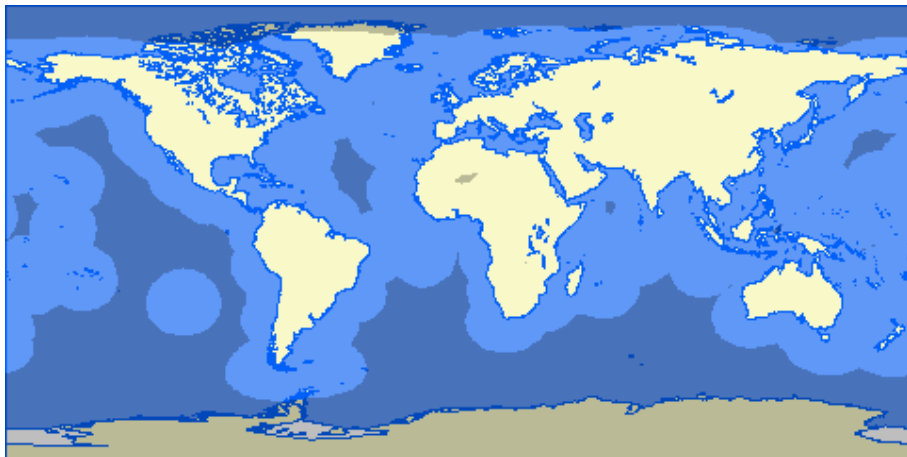


Figura 2.5.3: ETOPS-120min  
*Fonte: Great Circle Mapper (2008)*

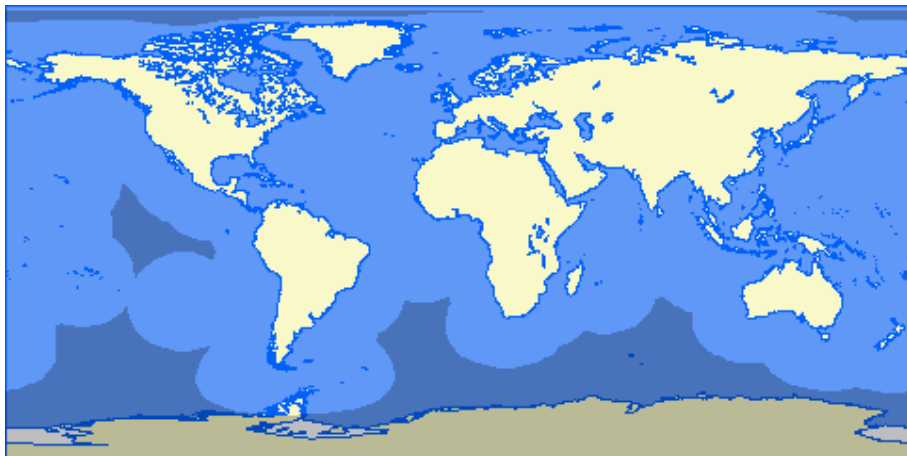


Figura 2.5.4: ETOPS-180min  
*Fonte: Great Circle Mapper (2008)*

Ao introduzir este tipo de aeronaves as operadoras começaram a proporcionar aos passageiros um leque variado de destinos entre a Europa e o Continente Americano, aumentando o número de voos e a disponibilidade de horários.

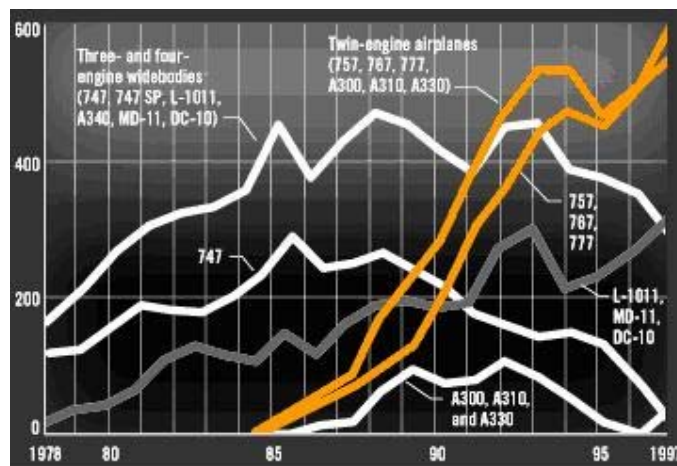


Figura 2.5.5: Evolução do tráfego de aeronaves ETOPS em voos transatlânticos  
Fonte: Pandey et al. (1998)

No entanto, as ETOPS acabaram por ter reflexos na indústria aeronáutica ficando para a história como um dos principais motivos de retirada precoce das aeronaves trimotoras como o MD-11 e também pela menor produção dos Boeing 747, visto serem preteridos por aeronaves bimotoras mais económicas em determinadas rotas.

Enquanto as questões económicas desempenharem um papel fundamental para a viabilidade das companhias aéreas, nenhuma pode vingar neste tipo de ambiente sem aceitação dos pilotos e particularmente dos passageiros. Esta aceitação nunca teria acontecido se tivessem ocorrido problemas significativos durante as operações de voo ETOPS.

Em muitos aspectos, o sucesso dessas operações é o resultado dum planeamento e preparação exaustivo que as companhias, associações de pilotos, construtores, e autoridades aeronáuticas realizaram para iniciar as ETOPS.

Em muitas aeronaves, como o Boeing 767, foram exigidas várias modificações com o objectivo de cumprir todos os critérios necessários das regras ETOPS. Essas

modificações visaram melhorar, por exemplo os sistemas de refrigeração, sistema de supressão de fogo, sistema eléctrico, a fiabilidade da unidade de potência auxiliar mais conhecida por APU, entre outros.

Contudo a primeira geração de aeronaves ETOPS, apesar de manterem os níveis de segurança e cumprirem os requisitos, foram rapidamente substituídas por outros projectos como o Boeing 777 e o Airbus 330. A primeira geração continha falhas de projecto, visto que as aeronaves não tinham sido inicialmente projectadas para realizarem operações ETOPS, mas sim adaptadas para as efectuem. Com o lançamento da segunda geração muitos dos problemas da primeira foram eliminados como a redução da carga de trabalho das tripulações em caso de emergência (ex.: implementação de sistemas precisos de navegação), minimizando voos em condições meteorológicas adversas (ex.: radar meteorológico), simplificando a manutenção preventiva, etc.. Todas estas melhorias providenciaram maior operacionalidade e menores custos às companhias aéreas.

Apesar dos aviões bimotores a jacto terem revolucionado a eficiência dos operadores, é importante frisar as vantagens que uma aeronave de quatro motores possui em relação aos bimotores.

Um quadrimotor é uma aeronave mais eficaz em rotas de longo curso (superiores a 14000 km). Isto porque, os aviões independentemente do número de motores que possuem, têm que resistir a uma falha de motor após a descolagem continuando a subir e realizar uma aterragem segura. Por conseguinte, num bimotor, cada motor terá que fornecer potência suficiente para sustentar o avião no ar caso haja um motor inoperacional. Um bimotor, portanto, é penalizado pela necessidade de operar com motores maiores e mais pesados que aqueles utilizados para operações normais (entenda-se aeronaves não-ETOPS).

Esta penalização é anulada para voos de médio curso (aproximadamente 10000 km), mas torna-se excessiva para voos de longo curso, visto que os requisitos da massa de descolagem e a potência necessária são mais elevados.

Com os quadrimotores, no entanto, menos potência é requerida quando um motor falha devido à existência de mais três. Outra vantagem, não menos importante, é o facto dos aviões quadrimotores não estarem sujeitos às restrições impostas às aeronaves ETOPS.

Aeronaves ETOPS, apesar de terem menos motores a serem revistos, são obrigadas a terem cuidados extra na sua manutenção. Estas regras e outras não são

aplicáveis a quadrimotores, e assim estes permitem uma maior flexibilidade às operadoras em voos de longo curso.

Recentemente, as regras ETOPS deram um novo passo indo para além das ETOPS-180min permitindo às aeronaves voarem em rotas óptimas sobrevoando zonas remotas a mais de 3 horas de um aeroporto. Contudo muitas modificações terão que ser realizadas nas aeronaves para cumprir este nível. Estas novas regras só abrangem aeronaves registadas nos Estados Unidos da América (regras da FAA), isto porque a autoridade aeronáutica europeia EASA continua renitente a esta medida, sendo os únicos aviões com permissão a operar em ambientes adversos trimotores e quadrimotores sobre a regulamentação LROPS.

No entanto, é necessário reforçar a ideia que as novas regras da FAA não estão ao alcance de qualquer operador, pelo facto que o mesmo tem que demonstrar uma capacidade técnica e operacional muito elevada.

- Propulsão – Voo Supersónico

De entre os múltiplos factores que levaram ao desaparecimento do Concorde, um deles foi o económico. Com um elevado consumo de combustível e não só, a verdade é que passado décadas do seu aparecimento nunca conheceu um sucessor. Hoje em dia a política existente nas companhias aéreas não permitiu a sucessão do Concorde porque o factor velocidade nas viagens nunca foi prioritário. Ao contrário, a redução de custos nas operações e o aumento das receitas começaram a ganhar cada vez mais importância. Esta política acabou por colocar um ponto final no voo supersónico, onde até ao momento não há projectos a serem desenvolvidos, apenas estudos muito vagos.

- Sistemas de controlo e de informação

A indústria aeronáutica é vista na sociedade pela sua capacidade de evolução tecnológica. O sistema *fly-by-wire* foi um exemplo disso, e este ganhou o seu estatuto progressivamente após muitos anos de assimilação de conhecimentos.

Nos primeiros dias da aviação, pilotar um avião poderia exigir algum trabalho físico consoante as condições do voo. Os controlos de voo *fly-by-wire* acabaram por revolucionar a forma de pilotar um avião substituindo as tradicionais ligações

mecânicas por sinais eléctricos enviados pelo computador aos actuadores hidráulicos. Este sistema de controlo de voo estreou-se em aeronaves militares de combate, sendo o Concorde o primeiro avião civil a utilizar parcialmente este sistema. Com a experiência adquirida por parte dos europeus na aeronave supersónica, alguns anos mais tarde surgiu o Airbus A320 com a particularidade de todos os controlos de voo serem da tecnologia *fly-by-wire*, tornando-se na primeira aeronave civil a operar com este sistema. Com o sucesso que este sistema adquiriu tornou-se rapidamente a tecnologia que iria equipar todas as aeronaves da Airbus no futuro.

Existem inúmeras vantagens do sistema *fly-by-wire* em relação aos sistemas convencionais da época. Primeiro, o *fly-by-wire* tem uma simbiose perfeita com outras tecnologias como o FMS, EFIS, FADEC, etc.. Para além disso, este sistema de controlo permite reduzir o peso da aeronave (eliminação das ligações mecânicas), reduzir a complexidade, aumentar a fiabilidade e melhorar o desempenho das aeronaves enquanto retira carga de trabalho aos pilotos. No caso da Airbus, o *sidestick* lateral permite ao piloto efectuar uma melhor monitorização dos sistemas electrónicos.

Do ponto de vista de manutenção a eliminação de cabos e mecanismos que regularmente eram calibrados e lubrificados foi visto com agrado pelas equipas de manutenção. No que diz respeito a custos, o *fly-by-wire* permite manutenções mais rápidas, simples e baratas aumentando os benefícios de operar com estas aeronaves.

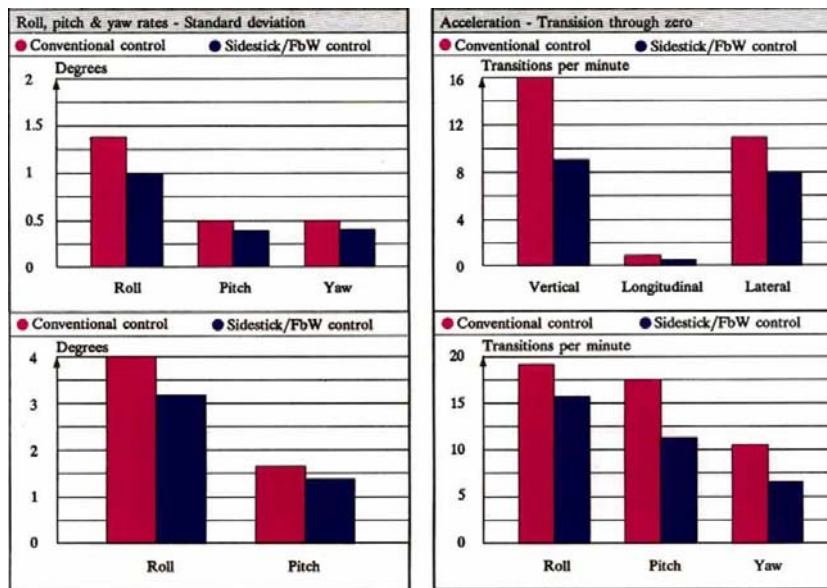


Figura 2.5.6: Controlo e estabilidade de voo *fly-by-wire*  
 Fonte: Blomberg (1988)

Como se pode ver no estudo inicial da Airbus (fig. 2.5.6), realizado num A300 modificado para o efeito, o sistema *fly-by-wire* conseguiu trazer melhorias na suavidade e estabilidade de voo quando comparado com o sistema convencional. Na prática resumiu-se a uma poupança de combustível, menos *stress* provocado nas estruturas da aeronave e melhor índice de conforto.



Figura 2.5.7: Cockpit de uma aeronave *fly-by-wire*  
Fonte: Krahe (1996)

Legenda:

- A – Painel superior (ex.: sistemas relacionados com o motor e o combustível);
- B – Unidade de controlo de voo (ex.: *Autopilot*); C – Painel de controlo EFIS;
- D – *Primary Flight Display*; E – *Display* de navegação; F – ECAM (ex.: informação da quantidade de combustível); G – MCDU (ex.: controlo de FMS); H – *Sidestick*;
- I – Mesa de trabalho; J – Impressora; K – Instrumentos de reserva

A figura 2.5.7. permite a visualização de um *cockpit* de uma aeronave moderna com sistema de controlo *fly-by-wire*.

Como foi referido anteriormente, o Airbus A320 tornou-se na primeira aeronave a englobar toda esta tecnologia, contudo outras se seguiram como o A318, A319, A321, A330, A340, A380 e A400M.

Em resumo, o *fly-by-wire* veio cumprir os objectivos que a Airbus tinha traçado para as suas aeronaves com o fim de lutar no mercado aeronáutico com a Boeing. Esta por sua vez deixou o agora gigante europeu crescer, tendo uma reacção demasiado tardia. Hoje competem as duas pelo primeiro lugar das construtoras mais bem sucedidas, contudo a política de “famílias” de aeronaves da Airbus tem ganho cada vez mais adeptos nas companhias aéreas dando-lhe uma ligeira vantagem.

- Gestão

Neste sub capítulo vai ser abordado a forma de como a política de “famílias” da Airbus contribuiu para a segurança e principalmente para a redução de custos.

O primeiro passo da Airbus no que diz respeito à redução de custos foi dado com o lançamento do Airbus A310. Esta aeronave tinha um grau de automação muito elevado o que permitia a redução do número de elementos no *cockpit*, passando de 3 para 2 eliminando a posição do engenheiro de voo. A decisão foi muito polémica na altura, considerada uma manobra arriscada da Airbus, contudo acabou por ser seguida pelas suas concorrentes.

Mais tarde, a Airbus lançou o conceito de “famílias”, que consiste na existência de elementos comuns (ex.: *cockpit*) entre os vários tipos de aeronaves da construtora, minimizando os custos de produção e acima de tudo maximizando a produtividade e a redução de custos às companhias aéreas.

Uma companhia aérea que opere uma frota de aviões para vários tipos de missões (voos regionais, médio curso, longo curso) obviamente utiliza aviões de características diferentes, consoante a natureza da operação. Contudo, quando as aeronaves têm pouco em comum a operadora vai realizar mais despesas de operacionalidade, isto porque vai ter necessidade de mais equipas de pilotos e de manutenção. No entanto, a Airbus com o conceito de famílias trouxe muitos benefícios às operadoras, disponibilizando actualmente aos clientes 3 famílias de aeronaves (todas com tecnologia *fly-by-wire*):

- ❖ Família A320: A318, A319, A320, A321 (voos regionais e de médio curso);
- ❖ Família A330/340: A330, A340 (voos de médio e longo cursos);
- ❖ Família 380: A380 (voos de longo curso).

As aeronaves têm em comum o facto de serem projectadas para que sejam muito semelhantes nos sistemas abordo, nos ecrãs de instrumentos e até nas características de voar, permitindo a qualquer piloto certificado Airbus uma rápida adaptação a qualquer tipo de aeronave da construtora.

O primeiro benefício de operar aeronaves com esta filosofia prende-se com a redução das exigências legais relativas às tripulações, isto porque um piloto quando apto para voar numa família de aviões tem licença para voar as aeronaves dessa família (STR). O segundo benefício é o que a Airbus denomina de *Cross-Crew-Qualification* (CCQ), que permite um piloto certificado em Airbus obter de uma forma célere a certificação para voar outra família de aeronaves a que não estivesse habilitado, apenas com um pequeno curso.

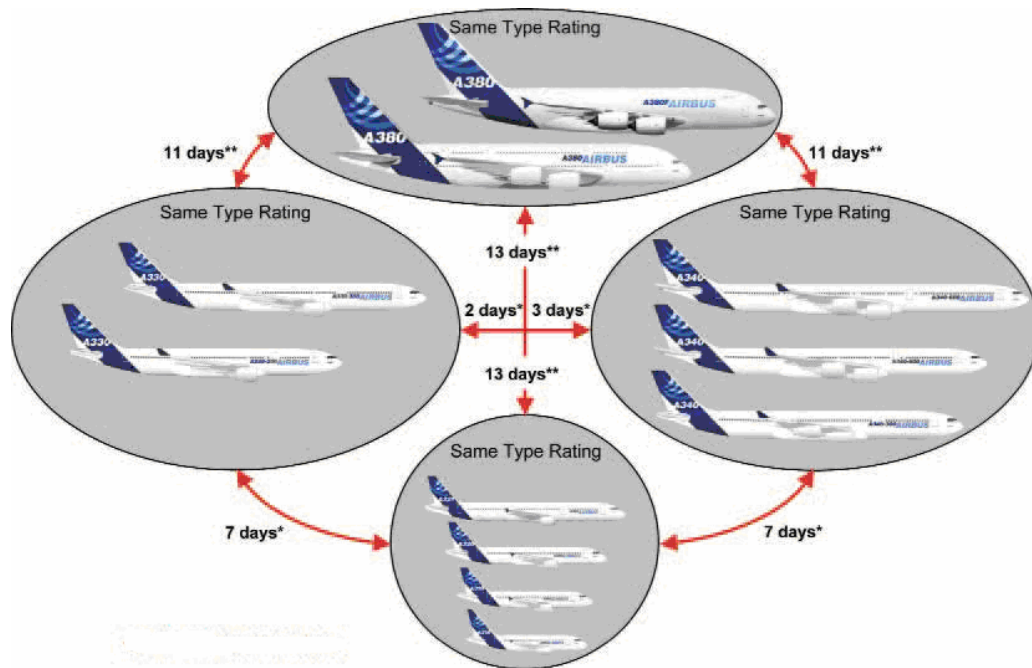


Figura 2.5.8: CCQ  
Fonte: Airbus (2006)

O terceiro e último benefício é a possibilidade de os pilotos terem capacidade de voar qualquer aeronave de todas as famílias existentes na Airbus numa companhia aérea (MFF). Contudo um piloto habilitado para este tipo de operações é sujeito a regras que impõem que este demonstre com regularidade a sua proficiência em todas as aeronaves que está certificado a voar.

As vantagens de uma companhia operar assente no conceito MFF permite rentabilizar melhor a gestão das tripulações, isto porque possibilita reduzir os períodos de reserva dos pilotos. Em média uma companhia aérea que utiliza os conceitos STR, CCQ e MFF aumenta a produtividade dos pilotos em 15%.

Mas a existência de elementos comuns entre as aeronaves pode ser encontrada em várias áreas. A primeira delas encontra-se no *layout* do *cockpit*. Estes foram projectados para terem as mesmas dimensões, disposições de painéis e controlos semelhantes.

A segunda área semelhante é o sistema de operação, apesar de existirem diferenças óbvias como por exemplo ao factor número de motores, os sistemas foram projectados para que a interacção Humano-Máquina fosse idêntica em todas as aeronaves. Isto foi conseguido através da semelhança do PFD, sistemas de navegação, pilotos automáticos, entre outros.

A terceira área em comum é a das qualidades de voo. Embora as características do tamanho, massa e aerodinâmica alterem de aeronave para aeronave, as leis de controlo incorporadas no *fly-by-wire* permitem ao piloto abstrair-se dessas diferenças.

Por último, também é comum a filosofia operacional das aeronaves em áreas como procedimentos de rotina (*Checklists*, EFIS, ECAM), procedimentos de situações anormais e de emergência, e coordenação entre tripulação, isto é, comunicação e divisão de tarefas durante operações de rotina ou de emergência.

É preciso referir que todos estes elementos em comum aumentaram não só a eficiência como a segurança, isto porque pilotos aptos para voarem vários tipos de aeronaves que não pertençam a este conceito de família incorrem em riscos como confundir procedimentos e acções dessas aeronaves levando à possibilidade de ocorrências de insegurança.

Porém, a política da existência de elementos comuns também permite redução de custos nas áreas dos simuladores de voo, sendo possível converter os simuladores para a aeronave que se deseja treinar. Estas vantagens também estão presentes na manutenção, pois um mecânico com 3 licenças consegue operar todas as aeronaves da família Airbus, aumentando a produtividade.

O conceito de família da Airbus veio demonstrar que é possível obter eficiência com o máximo de segurança, e esta política acabou por colocar a Airbus nos lugares cimeiros da indústria aeronáutica onde deverá permanecer nos próximos anos.

## 2.6 Gestão da Segurança

A gestão de segurança é centralizada na busca sistemática da identificação de perigos e da gestão de riscos – com o interesse de minimizar a perda de vidas humanas, dano de propriedades, financeiros, ambientais e perdas na sociedade (ICAO, 2006a).

Sendo a aviação comercial um sector de alto risco, esta não está isenta que acidentes ou incidentes ocorram dentro do sistema. Como qualquer negócio a aviação está sujeita ao factor risco, contudo existem vários tipos de riscos: toleráveis, intoleráveis, e os que estão na fronteira dos toleráveis e intoleráveis. Este último tipo de risco deverá sempre ser reduzido, e caso não seja possível poderá ser considerado tolerável se a probabilidade de este acontecer seja remota ou se os benefícios deste risco justifiquem a introdução do mesmo.

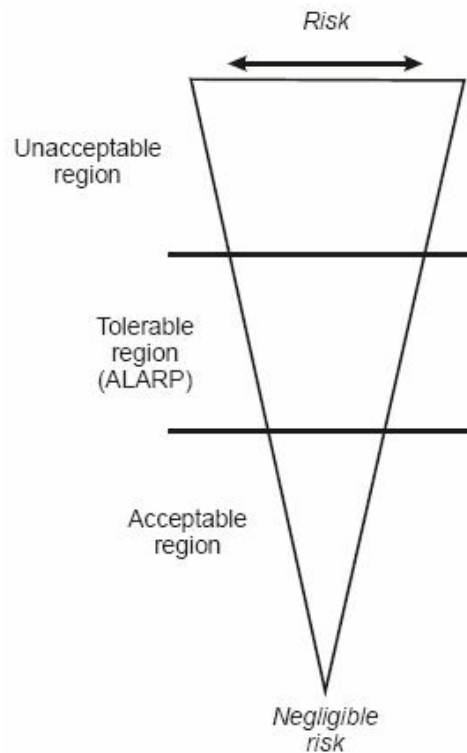


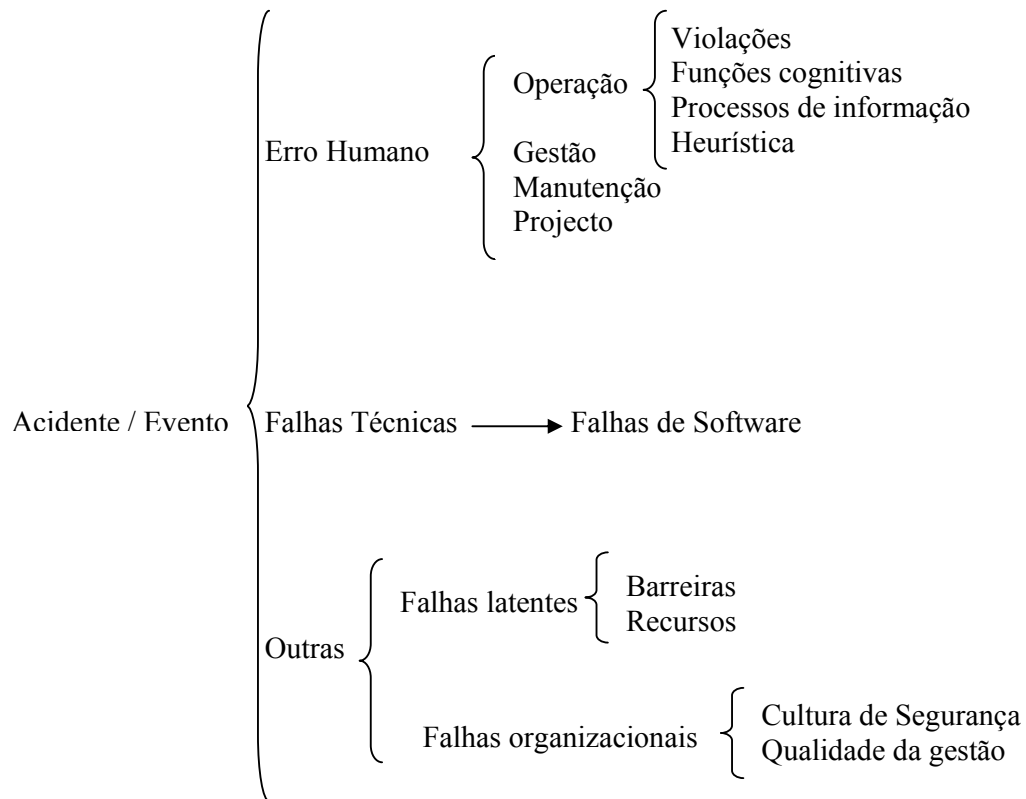
Figura 2.6.1: Triângulo de tolerância de risco  
Fonte: ICAO (2006a)

- Causas de Acidentes

A investigação de um acidente baseia-se em duas interrogações: Como? E porquê?

Nos últimos anos tem havido uma evolução no que diz respeito à atribuição das causas dos acidentes. Inicialmente os acidentes eram atribuídos às falhas mecânicas, mas após a evolução tecnológica atingir um alto nível de fiabilidade os erros passaram a ser maioritariamente humanos. Actualmente o factor organizacional é apontado como o novo causador de acidentes.

É também instrutivo observar como as categorias dos acidentes se têm desenvolvido (Hollnagel, 2004):



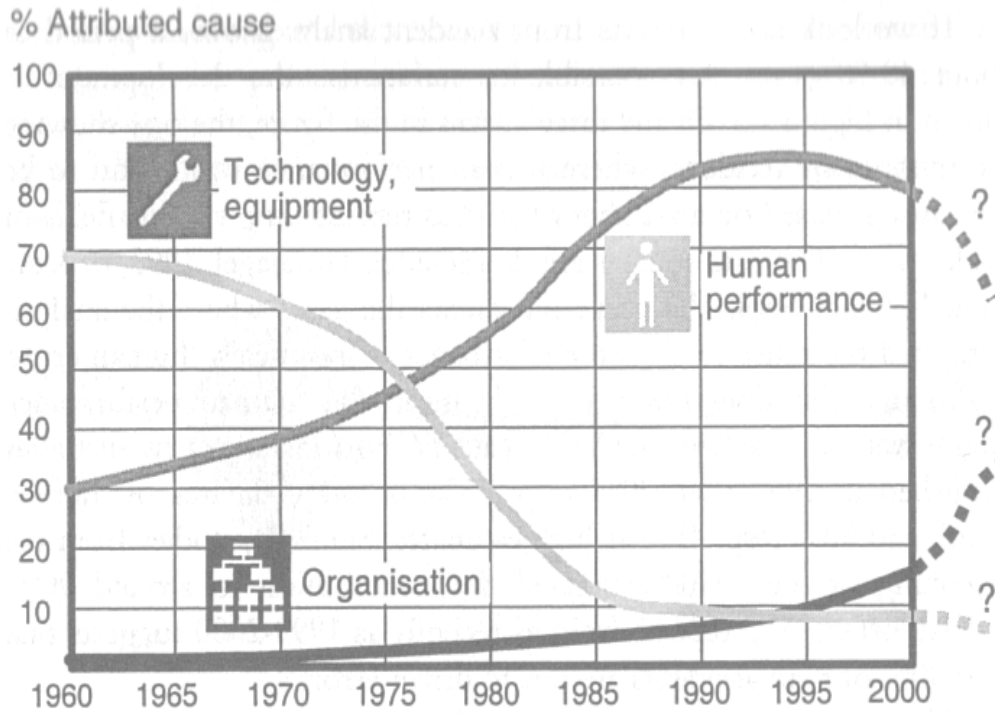
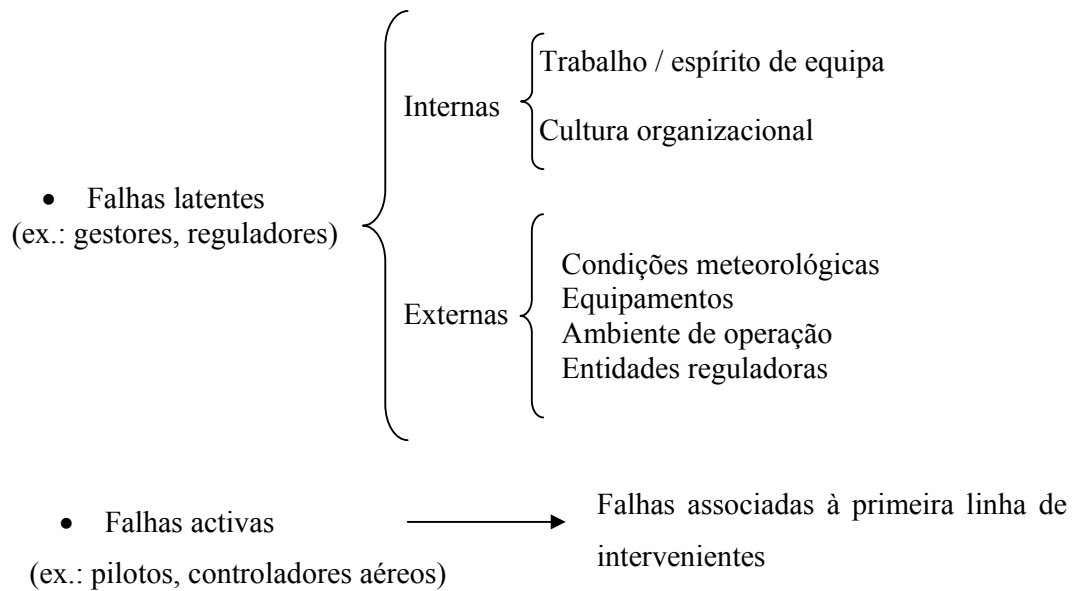


Figura 2.6.2: Causas atribuídas aos acidentes  
 Fonte: Hollnagel (2004)

Nos dias de hoje um acidente aéreo raramente é provocado por um só erro mecânico ou humano, mas sim por um conjunto de falhas nas barreiras criadas para o evitar. Essas podem ser activas ou latentes:



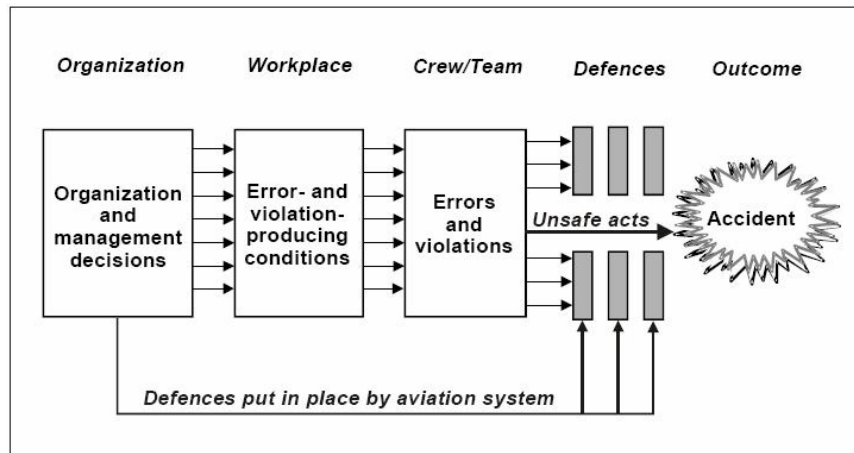


Figura 2.6.3: Modelo de acidentes baseado no modelo de James Reason  
 Fonte: ICAO (2006a)

Muitos erros nos dias de hoje vêm da área da gestão das companhias. Gestores limitados a tomar decisões por constrangimentos orçamentais, regulamentos e tempo aliados à falta de conhecimento do que consiste a actividade aeronáutica podem levar a actos inseguros. Evitar investimentos para reforçar a segurança nas companhias aéreas pode levar a acidentes, que podem por sua vez causar a falência do negócio. Porém, medidas exageradas de segurança podem causar problemas financeiros, o que faz levar as companhias a balancear a situação.

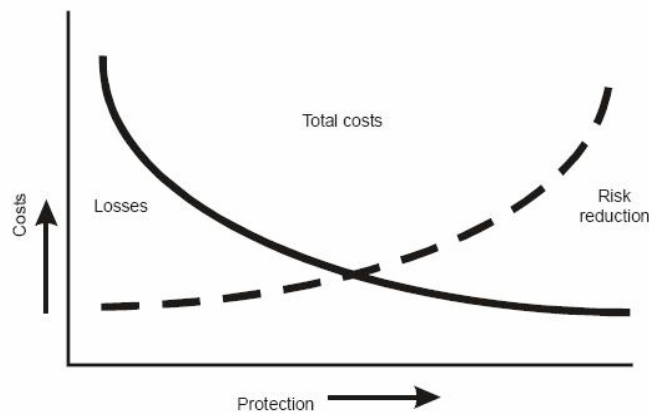


Figura 2.6.4: Segurança vs Custos  
 Fonte: ICAO (2006a)

- Custos de acidentes e incidentes

Existem dois tipos de custos associados a acidentes e incidentes: os directos e os indirectos. Os custos directos de um acidente são os mais fáceis de determinar:

- ❖ Danos físicos;
- ❖ Danos materiais;
- ❖ Danos de propriedade.

Os custos indirectos são os custos não incluídos no seguro da companhia ou os tomados em acções em consequência do acidente:

- ❖ Perda de negócio;
- ❖ Dano na reputação;
- ❖ Perda de equipamento;
- ❖ Perda de produtividade dos trabalhadores (em caso de lesão);
- ❖ Subida do prémio do seguro;
- ❖ *Limpeza* da imagem;
- ❖ Acções judiciais;
- ❖ Multas.

Contudo não são só os acidentes que acarretam custos, pois a ocorrência de incidentes em aeronaves pode criar transtornos aos passageiros e à companhia, tais como:

- ❖ Cancelamento ou atrasos de voos;
- ❖ Transporte alternativo, alojamento, reembolso, etc.;
- ❖ Mudança de tripulação;
- ❖ Outras.

## ***2.7 Conclusão***

A segurança aeronáutica tem demonstrado uma evolução assinalável nos últimos anos, sendo 2007 considerado o mais seguro de sempre. A evolução tecnológica foi sem dúvida o motor para o aumento da segurança, desempenhando um papel de apoio ao Factor Humano, em particular aos pilotos. Contudo o aumento de tráfego

aéreo é uma premissa muito importante, isto porque pode pôr em causa a segurança existente.

Porém, nas últimas duas décadas o sector aeronáutico, nomeadamente a indústria, centrou os seus esforços em melhorar a eficiência das aeronaves afim de estas conseguirem melhores desempenhos exigidos pelas operadoras. Este esforço permitiu melhores prestações sem manchar o objectivo fundamental, isto é, a segurança. Foi também na última década que as organizações no sector começaram a tomar consciência da sua importância dando maior receptividade à mudança para uma nova cultura de segurança.

## **Capítulo 3. Humano e Tecnologia**

### ***3.1 Introdução***

O erro humano tem sido nos últimos anos o factor mais atribuído como causa dos acidentes na aviação comercial, com uma taxa superior a 70%.

Com o objectivo de reduzir o número de acidentes/incidentes, o sector aeronáutico apurou novas estratégias desde ao nível de introdução de programas de factores humanos até à introdução de novas tecnologias.

A análise de ocorrências tornou-se imprescindível para a prevenção de acidentes, onde a tecnologia tem um papel fundamental contribuindo com ferramentas que permitem apurar minuciosamente a origem de um acidente aéreo. A tecnologia está sempre em constante actualização, afim de se tornar cada vez mais rigorosa na ajuda da detecção de falhas existentes no sistema.

O avanço tecnológico está cada vez mais presente na vida das pessoas, alterando comportamentos e atitudes. A aviação foi talvez o ramo que mais sentiu esta mudança, com o seu crescimento veloz. Contudo, podem ter surgido aspectos negativos com este crescimento, como o aparecimento de problemas organizativos (em instituições e companhias aéreas) e também problemas de adaptação do humano a esta revolução tecnológica. Estas dificuldades na relação Humano-Máquina podem colocar assim em causa a segurança aérea e aumentar ainda mais o peso de uma questão sensível: Em qual deles confiar?... Na precisa, mas imprevista tecnologia ou na inteligente, mas irreflectida atitude humana?

### ***3.2 Sistemas de Informação***

A aviação comercial nos últimos anos tem batido sucessivos recordes de índices de segurança, levando a uma (feliz) pouca frequência de acidentes. Devido a esta escassez de acidentes, hoje é difícil retirar informações que sejam suficientes para realizar melhorias no sistema. No entanto, na aviação a ausência de acidentes não significa a ausência de perigos ou riscos (de Courville, 2003). Com o objectivo de melhorar a segurança, entidades como os departamentos de segurança das

companhias, reguladores, entre outros, analisam os actuais incidentes existentes de forma a reunir e tratar informação útil para prevenir futuros acidentes.

Na realidade este tipo de prevenção ganha sentido se tivermos em conta um acidente ocorrido em Estrasburgo no ano de 1992 com um Airbus A320. Apesar de toda a tecnologia existente nesta aeronave, esta não vinha equipada com o GPWS e acabou por embater no solo em condições de baixa visibilidade embora controlada (CFIT). Mas o ponto essencial a reter deste acidente é como este poderia ser evitado, isto porque, até à data do acidente existiam vários relatos de incidentes comunicados por outras tripulações do mesmo tipo de aeronave que apontavam para possíveis erros na introdução dos dados na razão de descida. Mais tarde, no relatório do acidente, veio-se a constatar o facto da tripulação do voo acidentado instruída para descer colocou na razão de descida involuntariamente 3300 ft/min em vez dos 800 ft/min pretendidos devido a uma confusão na introdução dos dados.

Actualmente, o modelo de prevenção de acidentes é baseado em altitudes pró-activas, ao oposto do que há uns anos atrás, onde o modelo de prevenção de acidentes assentava na investigação de acidentes para tomar medidas de prevenção, isto é, uma atitude reactiva. O melhor exemplo do modelo reactivo de prevenção de acidentes é o caso da primeira aeronave de passageiros a jacto, De Havilland Comet. Esta aeronave sofreu vários acidentes provocados por falhas estruturais, levando-a a explodir em pleno voo de cruzeiro. Após a aeronave ser proibida de voar foi desencadeada uma investigação pela construtora para identificar a raiz do problema, e meses depois foi descoberto que as janelas quadradas da aeronave eram a causa de fissuras de grandes dimensões encontradas na estrutura da aeronave, levando à fadiga do material. Depois desta descoberta uma das modificações realizadas foi a introdução de janelas ovais.

Contudo a prevenção hoje em dia realiza-se com uma perspectiva pró-activa, tomando atitudes antes dos acidentes ocorrerem. Para isso recorre-se à análise de relatórios elaborados pelos intervenientes mais directos (pilotos, controladores, mecânicos, etc.), que apontam falhas existentes. Também se efectua análise da informação contida nas tecnologias a bordo das aeronaves, como o FDM que regista eventuais anomalias nos voos. E finalmente a programas como o LOSA que visam identificar situações fora do vulgar em operações de voo normais.

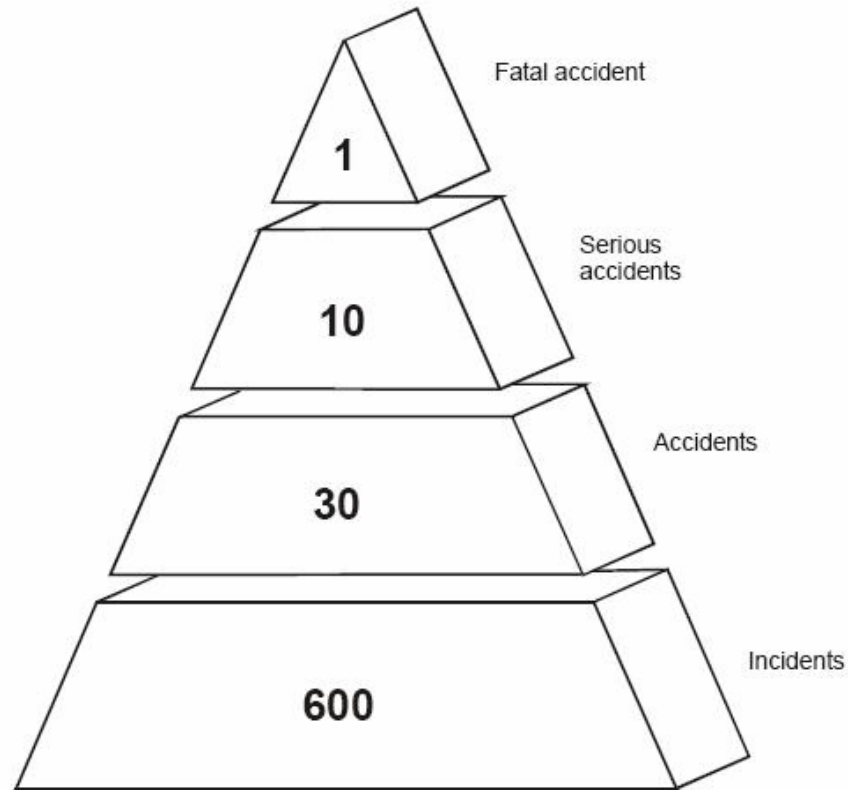


Figura 3.2.1: Regra 1:600  
*Fonte: ICAO (2006a)*

A regra 1:600 foi apresentada num estudo realizado em 1970 que teve como objectivo analisar 1 753 489 ocorrências reportadas em 21 sectores de diferentes indústrias (Hollnagel, 2004). As conclusões demonstram que para cada 600 incidentes ocorrem:

- ❖ 30 Acidentes Leves;
- ❖ 10 Acidentes Graves;
- ❖ 1 Acidente Fatal.

É portanto, importante para o sector da aviação realizar investigações acerca dos pequenos incidentes como medida de evitar acidentes graves.

- Participação de ocorrências

Quando o sector da aviação descobriu que podia retirar lições de segurança dos incidentes ou até potenciais situações de perigo, surgiram os primeiros programas de participação de ocorrências. Estes programas consistem na recolha e tratamento de informações relacionadas com falhas e erros protagonizados ou presenciados por elementos que actuam directamente no meio (pilotos, controladores, etc.) que comprometeram a segurança numa operação de voo. As informações obtidas podem mais tarde facilitar a compreensão de certos acidentes/incidentes e ajudar a definir estratégias para os combater. Hoje em dia, existem vários tipos de sistemas de participação.:

- ❖ Obrigatórios (ADREP, ECCAIRS);
- ❖ Voluntários (ASRS, CHIRP);
- ❖ Confidenciais (ASRS, CHIRP).

Nas participações obrigatórias existem regras específicas que obrigam os profissionais a participar certos tipos de ocorrências. Por norma este tipo de participação tem como objectivo analisar os problemas técnicos ocorridos, não dando muita ênfase aos erros humanos. Devido a esta falha ou pouco interesse, muitos países como os Estados Unidos da América e o Reino Unido desenvolveram os seus próprios programas de participações de acidentes (ASRS, CHIRP). Contudo estes têm a particularidade de serem voluntários e confidenciais. O objectivo deste sistema de participações é essencialmente perceber os erros mais cometidos pelos intervenientes do meio e tomar medidas que os evitem. O factor confidencialidade permite vencer o receio por parte das pessoas de contribuir e ajudar outras a não cometerem os mesmos erros.

Para que um sistema de participações de ocorrências funcione de bom modo deve reger-se por princípios, tais como:

- ❖ Confiança;
- ❖ Cultura não punitiva;
- ❖ Inclusão de todos os intervenientes;
- ❖ Independência das autoridades aeronáuticas;

- ❖ Simplicidade do processo;
- ❖ *Feedback* de quem analisa;
- ❖ Divulgação de resultados (*Internet*, Revistas).

A ausência de um destes elementos pode significar que o programa não seja credível, levando à diminuição de participação de ocorrências. Quanto menos ocorrências forem reportadas menor informação será possível reunir para realizar melhorias no sector.

Uma nota importante de referir é o facto das tripulações de voo serem as maiores beneficiárias dentro dos profissionais do sector da aviação com este sistema de participação de ocorrências; logo é crucial que estes estejam motivados, não só a comunicar, mas também a manterem se informados.

- LOSA

A criação dos cursos CRM nas companhias aéreas teve como objectivo solucionar problemas como a comunicação entre pilotos, falta de liderança e de tomada de decisão. Porém, as companhias questionavam-se até que ponto estes cursos teriam produzido resultados. A resposta encontrada foi o programa LOSA, que se baseia em auditorias efectuadas por especialistas de factores humanos às tripulações, em pleno voo, com o intuito de recolher informações acerca do seu desempenho como equipa (divisão de tarefas de trabalho, capacidade de liderança, comunicação, etc.). As informações provenientes deste programa são analisadas, identificando os pontos fortes e as fraquezas dos cursos de CRM, permitindo assim a correcção e melhoria das lições ministradas.

Contudo, e à semelhança do que sucede com as participações de ocorrências, o sucesso deste programa reside na confidencialidade das informações obtidas. Isto porque, os pilotos ao sentirem-se observados e avaliados poderiam falsear um bom desempenho e o objectivo do programa LOSA é a busca da realidade. Logo, para manter a confidencialidade os observadores nunca registam nenhum dado que os possa identificar, como o número de voo ou a data.

- Dispositivos de gravação

Os dispositivos de gravação a bordo das aeronaves ao longo dos anos têm evoluído de uma forma particularmente interessante. A finalidade destes aparelhos, tal como o nome indica, é gravar informações como os parâmetros de voo ou as comunicações.

É, no entanto, preciso distinguir que existem dois tipos de dispositivos. Os que servem para investigar as causas dos acidentes (medidas reactivas), como os FDR e os CVR. E aqueles utilizados para analisar, numa perspectiva pró-activa de prevenção de acidentes, irregularidades num voo como os dispositivos de gravação FDM.

Os CVR são gravadores de áudio que registam as conversações da tripulação de *cockpit*. Estes gravadores podem ser de extrema utilidade na investigação de acidentes pois permitem identificar problemas como, a falta de comunicação entre pilotos, fadiga, falta de cumprimento das normas ou até sons mecânicos que possam ser relacionados com o acidente (ex.: explosões).

No que diz respeito aos FDR estes são dispositivos que gravam os parâmetros de voo da aeronave, como a atitude, velocidade, ângulo de ataque, etc.. Actualmente os FDR modernos registam para cima de 88 parâmetros de voo, e tal como os CVR, são projectados de forma a resistir a cargas e temperaturas severas para que a informação neles contida não seja destruída no impacto com o solo ou com um incêndio que possa deflagrar após um acidente.

Porém, a evolução tecnológica trouxe uma nova geração de gravadores de parâmetros de voo como os FDM. Estes dispositivos têm como objectivo armazenar em discos de memória informações relativas aos voos de rotina. Por sua vez, quando as aeronaves chegam à base das operações de voo da companhia, as informações podem ser descarregadas via *wireless* para os computadores, por exemplo, do departamento de segurança. *À posteriori* os dados são analisados e identificam-se potenciais riscos ou incidentes que possam ter ocorrido numa operação de rotina. A investigação destes dados é de enorme importância, isto porque, permite o desenvolvimento de acções preventivas e correctivas como o aumento do treino das tripulações ou procedimentos de voo nos simuladores.

Todavia, estes dispositivos para além de conterem dados úteis para a segurança, revelam também potencialidades na área da eficiência. Estes permitem por exemplo monitorizar parâmetros como o consumo de combustível, e existência anomalias. Benefícios do FDM:

- ❖ Fornecer informação de ajuda à prevenção de acidentes/incidentes;
- ❖ Reduzir custos provenientes de acidentes/incidentes;
- ❖ Identificar potenciais riscos operacionais;
- ❖ Melhorar o consumo de combustível;
- ❖ Reduzir a manutenção ou operações desnecessárias;
- ❖ Outras.

Contudo estes dispositivos, podem ser entendidos pelas tripulações de *cockpit* como uma forma de avaliação do seu desempenho, visto que, qualquer erro ou acção é registada e analisada. De certo modo é positivo impedindo tripulações de tomarem atitudes menos reflectidas. Por outro lado, podem ser limitadores de acções realmente necessárias, porque subconscientemente as tripulações sabem que podem ser alvo de inquérito.

### ***3.3 Tecnologia na Aviação***

A evolução tecnológica proporcionou o desenvolvimento da eficiência e da segurança na aviação civil ao longo destes anos. Fruto disso, por exemplo, foram as alterações radicais efectuadas no *design* dos *cockpits* das aeronaves, onde hoje a era da digitalização impera.

No entanto, as novas tecnologias têm os seus riscos. Por norma a sua implementação nas aeronaves altera procedimentos e rotinas usadas pelos pilotos, adicionando assim o perigo de incidentes ou até acidentes. Aliás, esse tem sido o problema mais sério dos últimos anos: erros de concepção de sistemas (aviónicos), diferentes filosofias de construção de aeronaves, ou até erros na criação de tecnologias fundamentais, como o GPWS. O GPWS veio combater os acidentes conhecidos como CFIT, obtendo bastante sucesso por reduzir a taxa de acidentes. Porém, o CFIT continua a ser um dos principais tipos de acidentes hoje em dia, mesmo em aeronaves equipadas com GPWS devido a algumas deficiências na concepção do sistema (alerta de sons pouco adequados à gravidade da situação, avisos tardios, etc.). Estes e outros casos irão ser abordados oportunamente com a

finalidade de perceber a influência da evolução das tecnologias na segurança aeronáutica.

- Sistemas de informação

Como foi referido anteriormente, o *design* dos *cockpits* sofreu alterações significativas nos últimos anos. Se fosse realizada uma comparação entre a primeira e a última geração do Boeing 737 as diferenças seriam gigantescas, pois os tradicionais *cockpits* repletos de instrumentação analógica deram lugar a *cockpits* equipados com ecrãs LCD.

Contudo esta evolução foi acompanhada por algumas mudanças na operacionalidade do voo. Por vezes, em caso de avaria nas aeronaves mais antigas (sistemas analógicos) era possível chegar à raiz do problema com mais facilidade devido à quantidade e variedade de informações disponibilizadas. Por sua vez, nos *cockpits* modernos muitas informações foram eliminadas, tal como existe uma tendência de utilizar mensagens como “OK” ou “NOT OK” para informar os pilotos do estado de alguns parâmetros de voo, ao invés de exibir os valores dos mesmos. A complexidade e variedade de alertas associadas às falhas mais comuns aumentaram, causando mais dificuldade em descobrir qual a falha que esteve realmente na origem do alerta. Por vezes, as tripulações de *cockpit* só têm conhecimento da existência de anomalias após o computador falhar no diagnóstico dos problemas.

Desde a introdução destes novos *cockpits* automatizados já aconteceram inúmeros acidentes e incidentes causados pela difícil interpretação da informação por parte do humano, tal como, por deficiente introdução de dados nos sistemas por parte do mesmo. Apesar da nova filosofia de *cockpits* reduzir a carga de trabalho aos pilotos e ter simplificado/eliminado algumas informações, o facto é que ainda hoje os fabricantes destes dispositivos ainda não entraram em entendimento no que diz respeito à padronização dos símbolos, nomenclaturas e conteúdos usados nos seus sistemas, causando assim ainda mais confusão.

- Variedade de informação e dispositivos

As tripulações das aeronaves modernas hoje em dia deparam-se com ecrãs que exibem de uma forma *compactada* informações relativas aos sistemas automáticos

das aeronaves. É importante saber interpretar vários tipos de símbolos (VNAV PATH, HDG SEL, SPD) que representam ações e estados da aeronave.

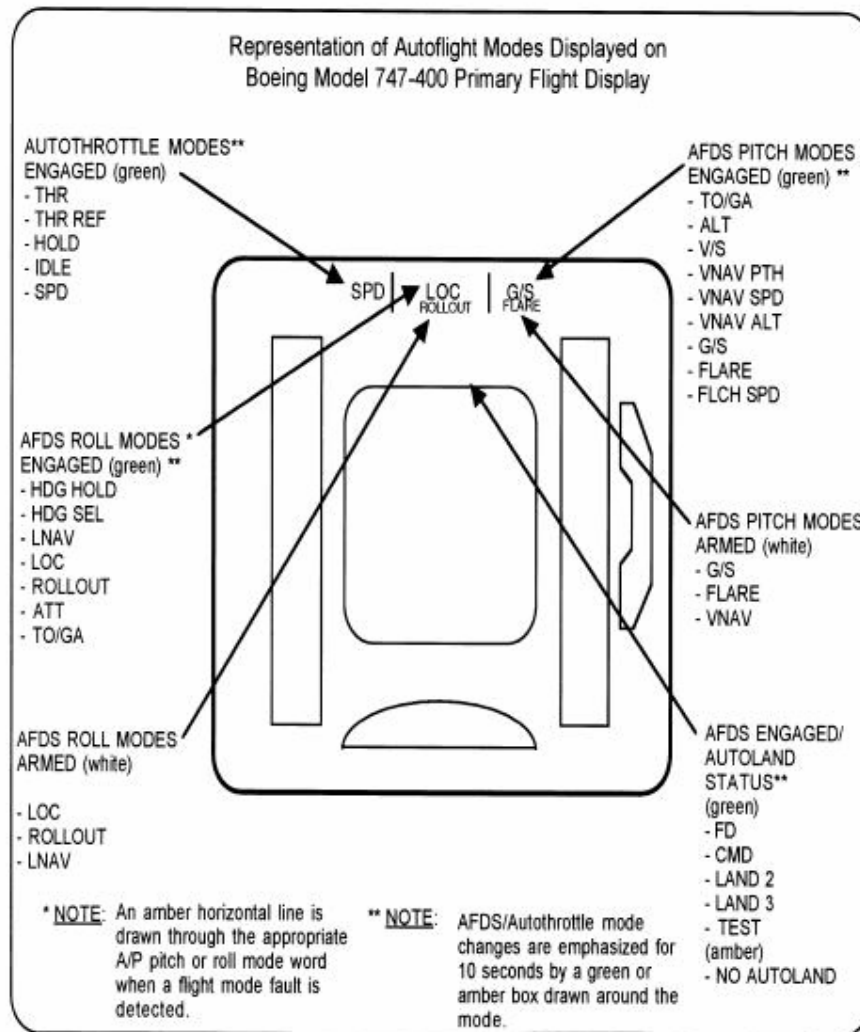


Figura 3.3.1: Modos de voo patentes num PFD (Boeing 747)  
 Fonte: FAA Human Factors Team (1996)

Na fig. 3.3.1 estão representados diferentes modos de voo que podem ser exibidos num PFD de um Boeing 747. Como se pode observar podem aparecer várias informações no mesmo espaço, consoante o modo de voo. Um problema associado a esta filosofia é a falta de percepção que os pilotos por vezes têm da transição automática de modos de voo, especialmente quando ligado em piloto automático. Outro problema é a ambiguidade que os modos de voo podem ter, visto que um modo de voo pode representar vários estados ou comportamentos de voo. No entanto, o que torna a situação mais complexa é a existência de várias nomenclaturas e disposições para o mesmo modo de voo, pois cada fabricante dos sistemas tem a

sua, tornando as aeronaves diferentes (ex.: num Airbus A320 o modo *open descent* tem a mesma função do modo *flight level change* utilizado pelas aeronaves da Boeing).

Para além dos sistemas como o PFD, os painéis de controlo conhecidos por FCU na Airbus e MCP na Boeing, também têm influência na segurança de voo. Isto porque, dentro das próprias as construtoras existem diferentes tipos de painéis para as suas aeronaves, excepto o caso da política da Airbus iniciada com o A320 que prevê elementos comuns entre todas as famílias de aeronaves.

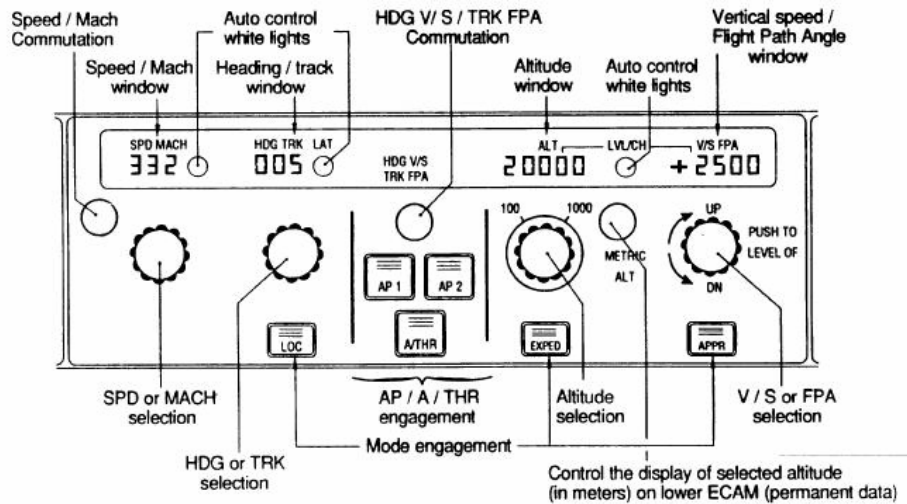


Figura 3.3.2: Flight Control Unit (Airbus A320)  
 Fonte: FAA Human Factors Team (1996)

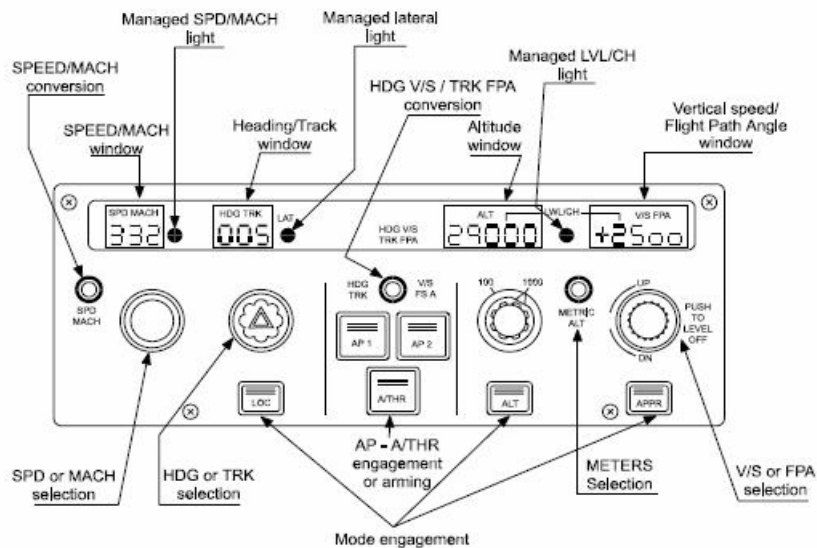


Figura 3.3.3: Flight Control Unit (Airbus A330)  
 Fonte: Airbus (1999)

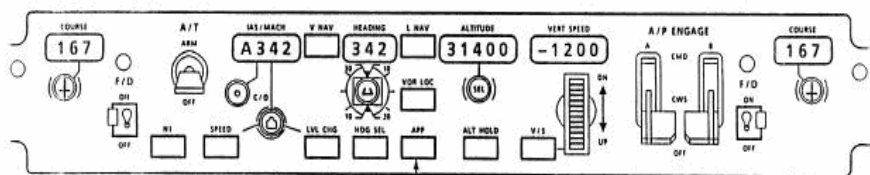


Figura 3.3.4: Mode Control Panel (Boeing 737)  
 Fonte: FAA Human Factors Team (1996)

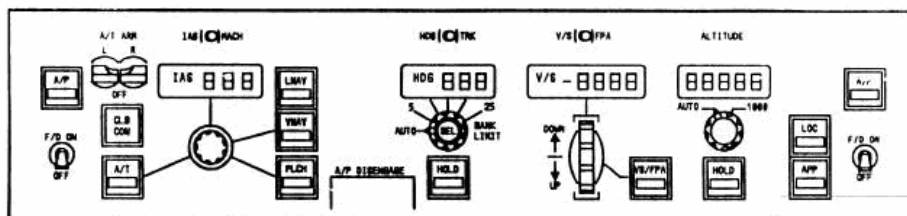


Figura 3.3.5: Mode Control Panel (Boeing 777)  
 Fonte: FAA Human Factors Team (1996)

É certo que as consequências destas desigualdades são difíceis de determinar ao nível da segurança. Todavia, estas podem no mínimo causar confusão às tripulações que têm por hábito voar vários tipos de aeronaves. Em situações de emergência estas tripulações poderão reagir instintivamente pensando que estão noutra tipo de aeronave, provocando acções incorrectas.

Por fim, existe também nos *cockpits* modernos um aumento da complexidade e variedade de avisos, tanto sonoros como visuais. Contudo se estes se tornarem repetitivos a tripulação tem tendência a baixar o nível de alerta no voo. Porém, numa situação de emergência se existir uma quantidade exagerada de avisos, estes podem contribuir de uma forma negativa aumentando os níveis de *stress* e dificultando a comunicação dos pilotos (alertas sonoros). É importante frisar que existem alertas/avisos demasiados importantes, os quais nunca poderão desaparecer dos *cockpits*, sendo fundamental que sejam distintos de forma a serem identificados imediatamente pelas tripulações, tais como:

- ❖ TCAS;
- ❖ EGPWS / GPWS;
- ❖ Velocidade de perda;
- ❖ Posição do trem de aterragem;
- ❖ Velocidade excessiva;

- ❖ Sistema de alerta de *windshear*;
- ❖ Configuração de descolagem.

- Conceção da tecnologia

Para além de existirem diferenças no *layout* dos modos de voo das aeronaves, existem também diferentes modos de actuação de tecnologias cujo objectivo é o mesmo. Exemplos disso são as *estratégias* projectadas pelos fabricantes na fase de descida entre dois níveis de voo. Há sistemas concebidos para manter a aeronave na mesma altitude até atingirem o ponto ideal para iniciar a descida (com a posição dos motores em *idle*). Por ventura, outros sistemas efectuem a descida de uma forma linear. Evidentemente estas pequenas diferenças de procedimento não só confundem pilotos com podem condicionar o trabalho dos controladores de tráfego aéreo.

Outro factor importante no desenvolvimento de tecnologias é o comportamento destas quando confrontadas com situações para as quais não foram projectadas. É preciso não esquecer que o criador da tecnologia é o ser humano, logo está sujeita à existência de falhas na sua concepção. Muitas vezes, os projectistas não conseguem ponderar todas as situações inesperadas que o sistema que estão a desenvolver pode enfrentar, correndo assim o risco da tecnologia se tornar inútil ou até complicar a vida aos pilotos em caso de emergência. Uma das lições desta última situação foi dada pelo sistema FMS. O FMS é uma ferramenta útil para realizar a gestão de voo, porém, quando ocorre uma eventual mudança de pista na aterragem (situação inesperada), a reprogramação exige demasiada carga de trabalho à tripulação (Baberg, 2001). Esta situação acontece particularmente na fase de aproximação (fase crítica do voo), logo seria de esperar que este sistema auxiliasse os pilotos em vez de os ocupar ainda mais.

- Informação digital

Apesar das aeronaves modernas não possuírem tecnologia completamente infalível, actualmente a relação Humano-Máquina melhorou. Os novos sistemas tecnológicos, em geral, permitiram o alívio da carga de trabalho das tripulações e aumentaram a segurança aérea. Todavia a quantidade de automação e sofisticação numa aeronave dos dias de hoje requer que mais informação seja trabalhada dentro

dos *cockpits*. A evolução tecnológica trouxe maior capacidade dos computadores armazenarem informação, sendo actualmente possível visualizar manuais/documentos das aeronaves em computadores, substituindo portanto os habituais *dossiers* repletos de papelada. Este novo conceito LPC baseia-se em computadores portáteis ligados directamente aos computadores da aeronave, que permitem aos pilotos consultar informações necessárias para o voo, rapidamente e sem o incómodo dos papeis.

O LPC divide-se em dois tipos de funcionalidades. O primeiro focaliza principalmente a visualização de manuais como os FCOM, MEL ou até manuais criados pelas próprias companhias aéreas. A segunda funcionalidade permite o acesso a dados relacionados com o desempenho da aeronave: *software* de cálculo de peso e centragem, desempenho de decolagem, desempenho de aterragem, entre outros; que optimizam as condições para realizar os voos consoante as características das operações.

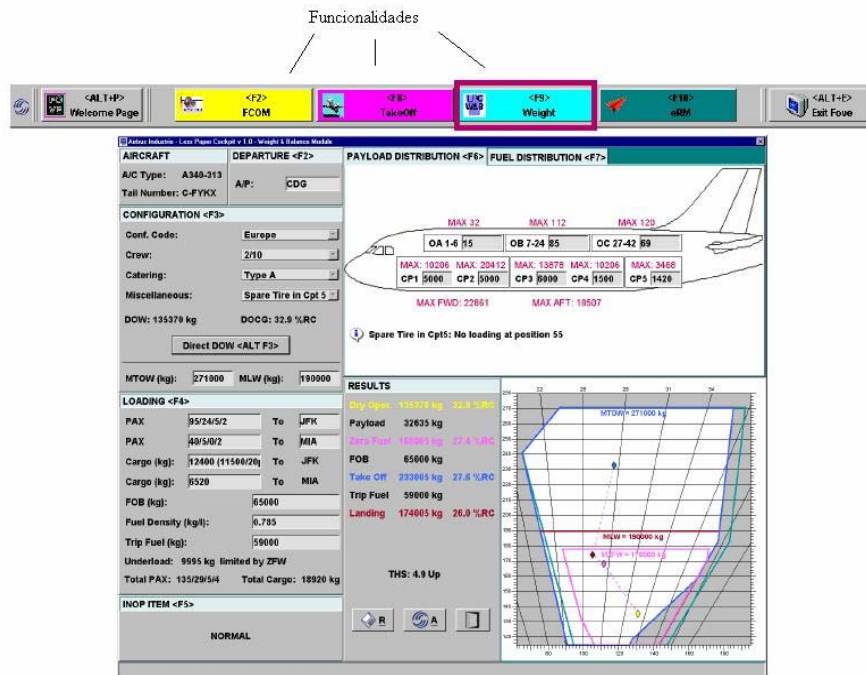


Figura 3.3.6: Conceito “Less Paper in the Cockpit”  
 Fonte: Airbus (2001)

A próxima geração de aeronaves (Airbus), incluindo o Airbus A380, irão trazer já incorporados no *cockpit* este conceito de LPC através de ecrãs LCD e

compartimentos especiais para os portáteis. Contudo, e como seria de esperar, ainda com novas funcionalidades tais como:

- ❖ Configuration Deviation List (CDL);
- ❖ Cabin Crew Operating Manual (CCOM);
- ❖ Aircraft Flight Manual (AFM);
- ❖ Flight Crew Training Manual (FCTM);
- ❖ Cartas de navegação e de meteorologia;
- ❖ Entre outras (...).

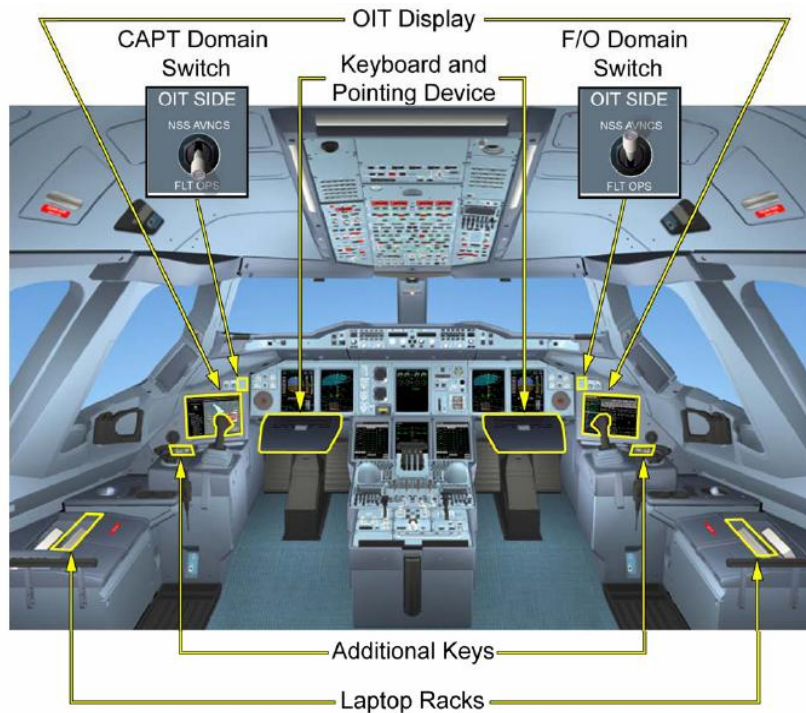


Figura 3.3.7: Conceito “Less Paper in the *Cockpit*” integrado no Airbus A380  
*Fonte: Airbus (2008)*

Como se pode ver na figura 3.3.7, existem teclados e ecrãs adicionados para facilitar o trabalho aos pilotos.

Porém é necessário precaução ao fornecer certo tipo de informações em formato digital às tripulações. Como as aeronaves modernas necessitam cada vez mais da energia eléctrica para os sistemas funcionarem, uma falha neste sistema causaria enormes transtornos na busca de informação essencial para resolver problemas. Por

isso mesmo, procedimentos de emergência deverão continuar a estar presentes em papel. Em 2005, um Airbus A319 da companhia *British Airways* sofreu uma falha severa no sistema eléctrico durante um voo nocturno, causando a perda de:

- ❖ Cinco dos seis LCD's da aeronave;
- ❖ Piloto automático;
- ❖ Comunicações;
- ❖ Iluminação (parcial).

Apesar do único *display* operacional ter capacidade limitada em disponibilizar informações sobre as possíveis causas da falha, foi iniciado a leitura do *checklist* de procedimentos de emergência. A falha foi resolvida passados 90 segundos do seu aparecimento. Na investigação deste acidente foi salientado por parte das autoridades aeronáuticas que o único *display* que permaneceu ligado foi o que não pertencia à MMEL, podendo este até estar inoperacional desde o início do voo. Contudo, o mais preocupante é que após várias inspecções e testes à aeronave não foram detectadas anomalias no sistema, sendo ainda hoje desconhecidas as causas da falha eléctrica.

- Interferências

Com a introdução de sofisticados sistemas electrónicos nas aeronaves, estas tornaram-se susceptíveis a perturbações de aparelhos como computadores portáteis (gravadores de CD), telemóveis, leitores de músicas, entre outros aparelhos electrónicos introduzidos pelos passageiros.

Num estudo efectuado pela Boeing sobre interferências electromagnéticas de aparelhos electrónicos transportados por passageiros, foram referidos casos em que alegadamente estes aparelhos teriam causado desconexão do piloto automático de aeronaves, tal como interferências em sistemas de voo (ex.: FMC) e interferências em equipamentos de navegação.

Em 1998 foi reportado por uma tripulação de um Boeing 747 uma anomalia causada por um PDA de um passageiro. Para verificar a correlação entre anomalia e o dispositivo electrónico a tripulação de *cockpit* realizou testes ligando e desligando

o PDA. Quando este se encontrava ligado a aeronave iniciava um ligeiro desvio na sua rota, e ao ser desligado a aeronave voltava a voar no seu rumo normal.

Na sequência de ocorrências deste género, as entidades aeronáuticas (companhias, construtoras, reguladoras, etc.) tomaram medidas para prevenir que algo mais grave acontecesse. A título de exemplo, é apresentada uma lista de aparelhos proibidos no interior do avião e regras da transportadora aérea portuguesa TAP Portugal<sup>4</sup>:

- ❖ Telemóveis (sempre que as portas se encontram fechadas);
- ❖ Aparelhos de transmissão RF;
- ❖ Walkie-Talkies;
- ❖ Brinquedos com controlo remoto;
- ❖ Monitores baseados em tubos de raios catódicos;
- ❖ Equipamento informático sem fios (rato);
- ❖ Impressoras de PC;
- ❖ Gravadores de CD e Mini-Disk;
- ❖ Aparelhagens estéreo;
- ❖ Rádios de bolso (AM/FM);
- ❖ Receptores de canais de TV;
- ❖ Tecnologia Bluetooth.

Na descolagem, aproximação e aterragem, não é permitido o uso de qualquer tipo de equipamento electrónico.

Contudo, a evolução tecnológica não se deixa vencer. Num futuro próximo estes problemas serão ultrapassados e será permitido o uso de telemóveis e comunicações via computador. O primeiro passo foi dado por duas empresas do ramo aeronáutico, a *Air France* (companhia de bandeira francesa) e a *OnAir* (companhia de comunicações criada especialmente para aviação). Estas duas empresas tornaram-se pioneiras quando efectuaram o primeiro voo de teste a 17 de Dezembro de 2007 que permite o uso de comunicações móveis. Durante cerca de três meses (período experimental), os passageiros puderam enviar e receber mensagens de texto (SMS)

---

<sup>4</sup> <http://www.flytap.com/Portugal/pt/VoarConosco/ABordo/ProibidoNoInteriorDoAviao>

nos seus telemóveis, e também consultar as suas mensagens de e-mail (incluindo a recepção e envio de anexos). Após o sucesso da primeira fase de testes, em Abril de 2008 foi iniciada uma nova etapa permitindo a realização de chamadas através de telemóveis. Este serviço só é autorizado quando a aeronave se encontra acima dos 3000 metros, possibilitando a realização de 6 chamadas em simultâneo e o envio/recepção ilimitado de mensagens de texto e de e-mail.

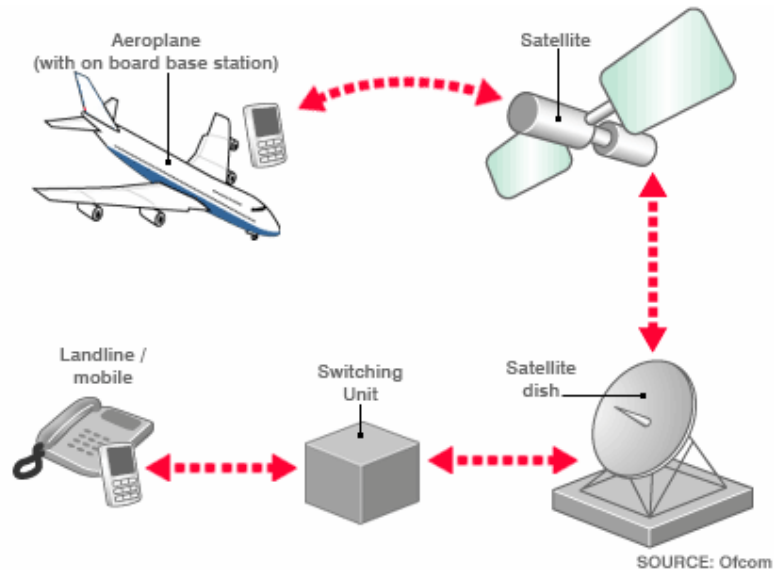


Figura 3.3.8: Telecomunicações a bordo dos aviões  
*Fonte: Mobile phone use backed on planes (2007)*

Como se pode visualizar na figura 3.3.8 os telemóveis são ligados a uma mini estação que se encontra na aeronave, cabendo a esta enviar os sinais para o satélite. No futuro, mais aeronaves vão surgir com este tipo de tecnologia (até mais desenvolvidas), tornando possível o uso em segurança de aparelhos electrónicos transportados pelos passageiros.

- Protecção do envelope de voo

Não é segredo nenhum a existência de duas filosofias diferentes no que diz respeito à protecção de envelope de voo nas aeronaves (Baberg, 2001). No lado europeu (Airbus) as aeronaves não permitem ao piloto exceder os limites operacionais da mesma, e evitam-se manobras com forças G acima dos limites estruturais e até velocidades próximas da velocidade de perda. Do outro lado do

Atlântico (Boeing) as aeronaves são projectadas de uma forma mais *liberal*. Nestas, os pilotos apenas recebem alertas quando os limites estão prestes a ser ultrapassados colocando nas mãos dos mesmos a responsabilidade de os transpor ou não.

Numa aeronave Airbus os sistemas de controlo de voo *fly-by-wire* protegem-na duma eventual situação de perda (*stall*). Esta protecção também permite ao piloto obter a melhor resposta possível com uma única acção no *sidestick*, minimizando os riscos de excesso de carga nas estruturas ou a perda de controlo da aeronave. Um piloto ao puxar o *sidestick* ao máximo é-lhe permitido automaticamente pelo sistema o seguinte:

- ❖ Ângulo de ataque máximo (com a melhor sustentação possível);
- ❖ Potência máxima dos motores (TOGA - *Take Off/Go Around*);
- ❖ Retracção dos *speed-brakes*.

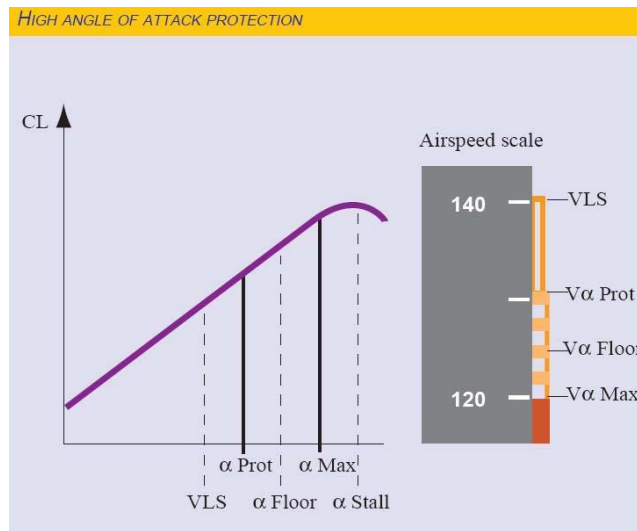


Figura 3.3.9: Protecção de ângulos de ataque elevados  
Fonte: Tarnowski (1998)

A protecção do ângulo de ataque é uma protecção aerodinâmica que previne as aeronaves de alcançarem um ângulo de ataque no qual entrariam em perda. O ângulo de ataque também é conhecido por *alpha* ( $\alpha$ ):

- ❖ VLS – Velocidade Normal Mínima;

- ❖ *Alpha Protection ( $\alpha$  Prot)* – Ângulo de ataque máximo quando o *sidestick* se encontra na posição neutra. Nesta condição os *speed brakes* são recolhidos automaticamente devido à velocidade reduzida da aeronave;
- ❖ *Alpha Floor ( $\alpha$  Floor)* – ângulo de ataque quando os motores aumentam a potência automaticamente (TOGA), mesmo com a função *autothrust* desligada;
- ❖ *Alpha Max ( $\alpha$  Max)* – ângulo de ataque máximo na condição do *sidestick* puxado ao máximo;
- ❖ *Alpha Stall ( $\alpha$  Stall)* – ângulo de ataque de perda.

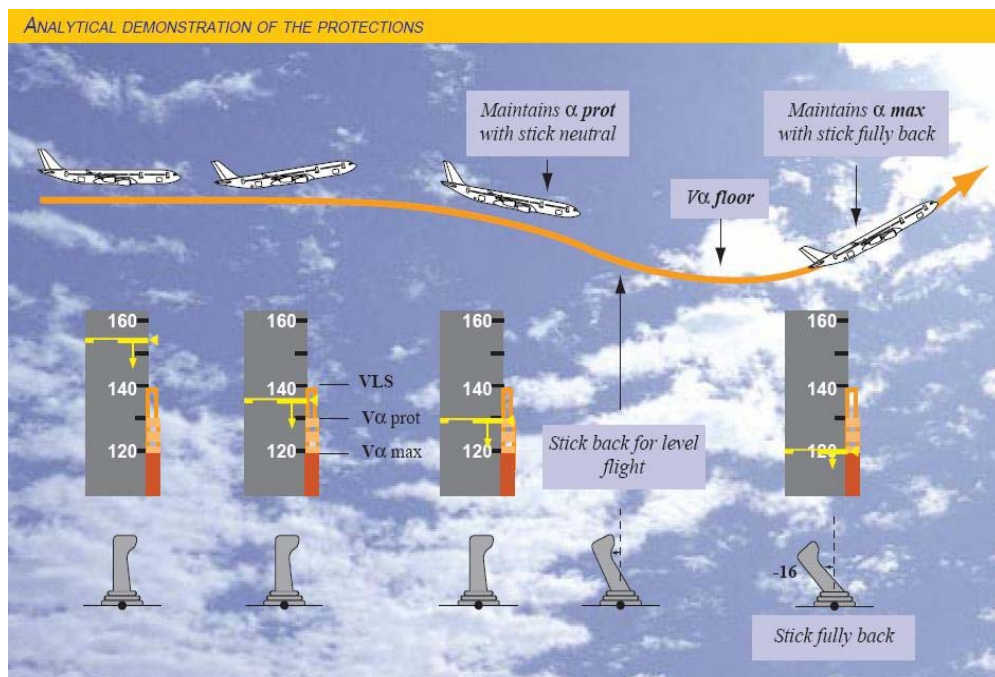


Figura 3.3.10: Demonstração analítica das protecções  
 Fonte: Tarnowski (1998)

Supondo que uma aeronave desacelera com o *sidestick* na posição neutra e com a potência dos motores em *idle* num determinado nível de voo (fig. 3.3.10), as leis de arfagem do sistema *fly-by-wire* da Airbus mantêm automaticamente a aeronave no nível de voo em que está a voar. Quando esta se encontra prestes a atingir a VLS um aviso sonoro é disparado no *cockpit* (SPEED-SPEED) alertando o piloto que este deve tomar uma acção. Entretanto, se o piloto não tomar nenhuma atitude a aeronave atinge a velocidade  $\alpha$  prot, iniciando automaticamente uma descida para manter essa velocidade. Porém, se o *sidestick* for accionado com vista a recuperar altitude (reação do piloto à descida), a velocidade poderá descer de modo a atingir  $\alpha$  floor,

situação onde a aeronave automaticamente auxilia o piloto aumentando a potência (TOGA). Se o piloto continuar a não ter reacção à descida, a aeronave sobe automaticamente para o padrão de voo *α prot*, repetindo sempre o mesmo processo.

Em caso de emergência (CFIT, *Windshear*), numa aeronave projectada para um ambiente de protecção do envelope de voo, o piloto só necessita de puxar o *sidestick* ao máximo para a aeronave identificar a situação delicada, tornando a técnica de voo simples e instintiva. Se a aeronave não for *protegida*, o piloto terá que actuar nos controlos cuidadosamente para não entrar em situação de perda, ou por outras palavras, sem ultrapassar o ângulo de ataque em que a advertência da aproximação da condição de perda (*Stick shaker angle of attack*) seja accionada. É evidente que esta manobra exige perícia e concentração do piloto numa situação de urgência.

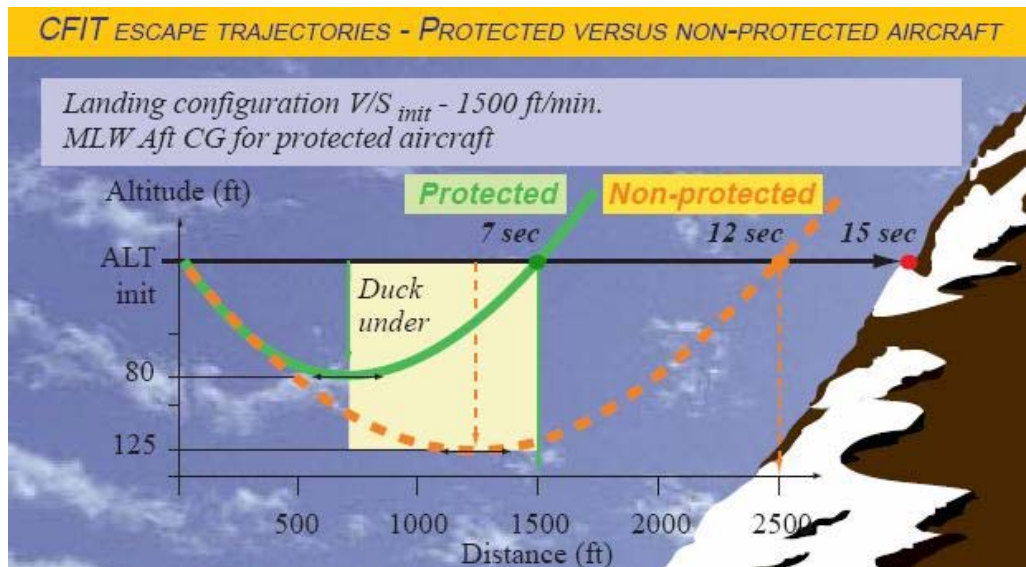


Figura 3.3.11: Trajectórias de saída em caso de CFIT  
Fonte: Tarnowski (1998)

A figura 3.3.11 faz uma comparação de trajectórias e períodos de tempo que as aeronaves, protegidas e não protegidas, realizam em caso do sistema EGPWS entrar em funcionamento. Em média, o tempo do aviso *pull-up* para o impacto é de 15 segundos. Na figura é visível que a margem de segurança das aeronaves protegidas face às não protegidas é muito superior (quase o dobro).

Uma aeronave protegida no seu envelope de voo sem dúvida contribui para o aumento da segurança das operações. Todavia poderão existir situações que o projectista do sistema não tenha previsto, tornando a tecnologia possivelmente perigosa. Estes sistemas foram criados para auxiliar os pilotos, servindo para

compensar os seus pontos fracos. Estas tecnologias são meramente computadores com uma lógica integrada, não tendo capacidade de decisão, discernimento e intuição. Cabe aos pilotos perceberem-na e operá-la em condições através do treino. Quando estes entenderem o processo, tornam-se parte integrante do sistema actuando sobre a tecnologia natural e instintivamente.

### ***3.4 Confiança: Humano ou Máquina?***

A automação na aviação atrai muitas opiniões dentro do sector, sendo estas por vezes opostas umas das outras. Há quem defenda que as tripulações são a origem dos problemas da relação entre Humano-Máquina, e a solução do problema reside na implementação de *cockpits* completamente automáticos onde o humano realizaria apenas pequenas tarefas e monitorização dos sistemas. Esta linha de pensamento ignora que os sistemas automáticos são projectados e construídos por humanos, logo a época de uma tecnologia perfeita ainda está para vir. No extremo oposto deste ponto de vista estão aqueles confiariam todas as tarefas do *cockpit* ao humano, onde a tecnologia teria o papel de vigilância.

É necessário evitar estas divergências e analisar a matéria da automação com mais serenidade. Uma boa automação é uma dádiva, mas mal projectada é perigosa (Foreman, 1996).

- Excesso de automação

A maior preocupação da automatização dos *cockpits* é a segurança de voo. Qualquer nova tecnologia implementada numa aeronave cria novas possibilidades de acidentes. O trem de aterragem retráctil foi um passo importante na inovação tecnológica aeronáutica, mas até ao aparecimento deste nunca houve ocorrências por falta de colocação do trem na configuração de aterragem. O mesmo acontece com os sistemas automáticos das aeronaves actuais. Quando as aeronaves *fly-by-wire* apareceram com os sistemas de protecção de envelope de voo pensava-se que tinham sido criadas aeronaves à prova de acidentes. Contudo a história mostra que não foi o que aconteceu, surgindo novos tipos de acidentes relacionados com a interacção Humano-Máquina.

Existe em alguns pilotos de aeronaves modernas um sentimento de frustração, isto porque, mencionam a quase inexistência de funções nas quais não têm um computador a analisar o seu desempenho. A hierarquia entre automação e o humano é crucial. Um comandante de uma aeronave pretende que a automação funcione como um co-piloto, isto é: fiável, competente e com capacidade de executar várias tarefas. Porém, quando a tecnologia controla o voo da aeronave existe uma tendência de inversão dos papéis, pois os automatismos tornam-se mestres e os pilotos os seus servos.

Como foi referido antes, a má concepção de tecnologias pode trazer problemas aos pilotos. Rotinas criadas no *software* utilizado nas aeronaves podem negar às tripulações certas informações desejadas (ex.: FMS). Mesmo quando conseguem contornar o sistema obtendo os dados que necessitam, os pilotos vêem-se limitados a alterar parâmetros de voo que nunca colocariam em causa a segurança de voo. Situações como esta aumentam a carga de trabalho e a decepção dos pilotos relativamente à tecnologia. Logo, os engenheiros de *software* (e não só) necessitam de ter atitudes mais moderadas, nunca considerando que conseguem prever todas as situações que os operadores dos sistemas vão encontrar. Como tal, não é muito desejável a criação de tecnologias que possam ir contra a vontade dos utilizadores finais, evitando que a tecnologia se torne legislação (Beck, 2002).

A automação pode ter falta de flexibilidade e capacidade de discernimento em situações mais complexas, no entanto trouxe a precisão que o ser humano nunca seria capaz de realizar por si só, oferecendo maior capacidade de operação na aviação.

- *Human(User)-Centered Design* (Projecto Centrado no Humano)

Para a automação ser eficaz e simultaneamente satisfazer as normas mínimas da segurança, esta tem que ir ao encontro das necessidades dos projectistas, companhias e acima de tudo dos operadores (pilotos).

No início da aviação civil as capacidades e limitações do ser humano não eram consideradas durante a fase de projecto de uma aeronave, prevalecendo a filosofia de que a máquina deveria efectuar as tarefas para as quais foi concebida, e o humano simplesmente a operava. Esta filosofia não foi muito longe, pois os acidentes/incidentes começaram a surgir e o humano apontado como o culpado.

A designação “factor humano” tornou-se popular quando a aviação comercial descobriu que a maioria das ocorrências existentes eram devidas a erros humanos. Surgiu na aviação uma nova área de estudo chamada precisamente: Factores Humanos. Este ramo dedica-se a compreender como o ser humano pode ser integrado de uma forma segura com a tecnologia, passando este conhecimento adquirido para as áreas de projecto, treino, regulamentação e procedimentos.

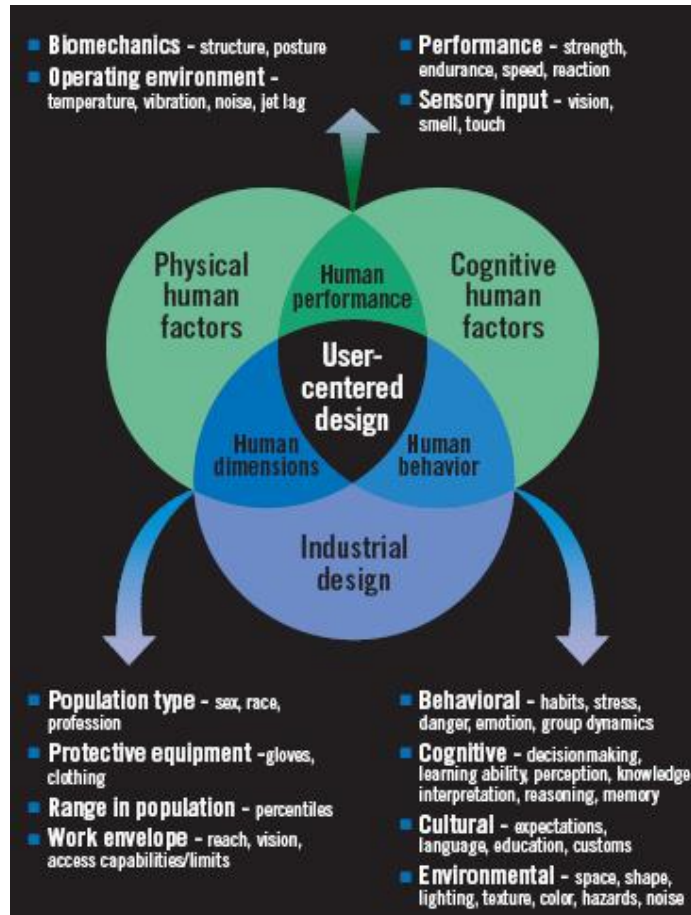


Figura 3.4.1: User-Centered Design  
 Fonte: Graeber (1999)

A automação deve ser criada para ajudar o humano a executar tarefas, e se os projectos não tiverem em conta o factor humano, a capacidade das tripulações para controlar ou supervisionar as operações do sistema ficam limitadas, podendo aumentar a confusão das tripulações e a existências de reacções inesperadas da aeronave.

- Compreensão da automação

Embora hoje aconteça com menos frequência do que há uns anos atrás, as tripulações de voo muitas vezes são surpreendidas por situações anormais criadas pela alta tecnologia presente nos aviões. As tripulações desconhecem as razões de certas reacções das máquinas, o que reflecte a falta de conhecimento das capacidades e limitações da tecnologia.

A complexidade e diferenças das novas tecnologias entre vários tipos de aeronaves aliadas ao treino inadequado dos pilotos podem causar a falta de percepção do funcionamento dos sistemas automáticos. Os treinos mostram que os pilotos quando confrontados com situações anormais idênticas, podem agir de maneiras diferentes uns dos outros. Mais grave, é quando tomam acções nunca antes previstas pelo projecto, certificação, treino e procedimentos de operação das aeronaves em questão.

No início da era da aviação automatizada, a atitude mais comum por parte dos pilotos em situação de emergência era desligar todos os sistemas automáticos passando o voo a ser pilotado manualmente. Todavia, a automação evoluiu tornando-se mais fiável, e este tipo de situação começou a ser auxiliado pela tecnologia. Consequentemente, os instrutores de voo concentraram os seus esforços em treinar os pilotos a tirar proveito da automação para resolver situações de emergência. Logicamente, estes também são treinados a lidar com falhas dos sistemas automáticos realizando transições de voos de ambiente automático para manual.

À medida que a mentalidade dos pilotos evolui e estes ficam mais familiarizados com o ambiente dos *cockpits* actuais, a confiança e domínio sobre a tecnologia cresce. A carga de trabalho diminui e os *cockpits* tornam-se locais de trabalho confortáveis. Por outro lado, os pilotos têm menos probabilidade de encontrar conjunturas mais complexas, onde existe necessidade de capacidade de decisão sob pressão. O uso dos sistemas em larga escala pode causar às tripulações hesitações na hora de tomar o controlo da aeronave (situação de emergência). A alta fiabilidade da tecnologia leva a uma sobre-confiança na mesma por parte do humano, levando este a descontrair excessivamente no *cockpit* (falta de vigilância ou tolerância para com alguns erros).

### ***3.5 Conclusão***

É de senso comum que a tecnologia veio melhorar a segurança das operações aéreas. Mas esta (r)evolução tecnológica foi implementada muito rapidamente, o que em alguns casos criou problemas.

A análise de eventos auxiliada com novas tecnologias veio trazer outra dimensão à prevenção de acidentes, sendo hoje possível saber a situação de uma aeronave em tempo real. Porém, é necessária precaução no tratamento das informações obtidas, seja por via da tecnologia ou por relatórios voluntários. Deve-se preservar a cultura não punitiva nas empresas para a obtenção de melhorias no sistema, visto que, sem a ajuda dos intervenientes que actuam directamente com a tecnologia torna-se complicado identificar as falhas existentes da mesma.

Ao longo dos últimos anos foi possível observar uma evolução considerável da tecnologia, mas é notória a existência de algumas falhas que precisam ser eliminadas. Contudo o tempo de adaptação do ser humano a este novo tipo de tecnologias já se esgotou, sendo hoje necessário identificar quais as áreas que realmente ainda precisam de ser melhoradas e aquelas que atingiram um nível de perfeição desejável.

## **Capítulo 4. Caso de Estudo**

### ***4.1 Introdução***

O estudo, sempre que possível, apresenta estatísticas de ocorrências registadas sobre todo o tipo de aeronaves de transporte civis e militares (não incluindo aeronaves a operar em ambiente de guerra). Alguns acidentes/incidentes registados não foram levados em conta na investigação devido à falta de informação disponibilizada (ex.: fase de voo, número de tripulantes, número de fatalidades, etc.).

A análise apresenta a maior parte das ocorrências comunicadas e registadas nas bases de dados internacionais, contudo é preciso entender que muitos países (antiga União Soviética, China, entre outros) não aderiram por completo a esta troca de informações no seu começo, como tal é possível a falta de algumas ocorrências destas nações.

### ***4.2 Definições***

As definições de ocorrências presentes neste estudo estão de acordo com o Anexo 13 da ICAO e com a directiva europeia 94/56/CE, que estabelecem os princípios fundamentais que regem os inquéritos sobre os acidentes e os incidentes no domínio da aviação civil (Anexo A):

a) «Acidente», é um acontecimento relacionado com a utilização de uma aeronave ocorrido entre o momento em que uma pessoa embarca com a intenção de voar e o momento em que todas as pessoas que embarcaram com essa intenção tenham desembarcado e no qual:

1. Uma pessoa tenha sofrido um acidente mortal ou ficado gravemente ferida pelo facto de: se encontrar na aeronave; ou, estar em contacto directo com qualquer parte da aeronave, incluindo as que se tenham soltado dessa aeronave; ou, estar directamente exposta ao jacto dos reactores; excepto quando se trate de lesões ocasionadas por causas naturais, de ferimentos causados pelo próprio ou por terceiros ou sofridos

por passageiros clandestinos escondidos fora das áreas normalmente reservadas aos passageiros e aos membros da tripulação; ou

2. Uma aeronave tenha sofrido danos ou rupturas estruturais que: alterem as suas características de resistência estrutural, de comportamento ou de voo; e exijam normalmente uma reparação considerável ou a substituição do componente afectado, excepto quando se trate de falhas ou avarias do motor, quando os danos se limitem ao motor, à sua blindagem ou acessórios, ou no caso de danos que se limitem às hélices, às pontas das asas, às antenas, aos pneumáticos, aos travões, às carenagens, a pequenas amolgadelas ou furos no revestimento da aeronave; ou
3. Uma aeronave tenha desaparecido ou ficado totalmente inacessível.

b) «Ferimento grave», é qualquer ferimento sofrido por uma pessoa durante um acidente que:

1. Exija a sua hospitalização por um período superior a 48 horas com início no prazo de sete dias a contar da data do ferimento; ou
2. Dê origem a fracturas ósseas (excepto fracturas simples de dedos ou do nariz); ou
3. Dê origem a lacerações que causem hemorragias graves ou lesões nervosas, musculares ou tendinosas; ou
4. Ocasione a lesão de qualquer órgão interno; ou
5. Envolver queimaduras de segundo ou terceiro grau ou quaisquer queimaduras em mais de 5% da superfície do corpo; ou
6. Decorra da exposição comprovada a fontes de infecção ou radiações nocivas.

c) «Incidente», é um acontecimento que não seja um acidente, relacionado com a operação de uma aeronave, que afecte ou possa afectar a segurança da exploração.

### 4.3 Fontes

As informações contidas neste estudo estão presentes na base de dados da *Aviation Safety Network* e em publicações anuais da ICAO. A *Aviation Safety Network* baseia-se na recolha de informações de ocorrências junto das fontes oficiais aeronáuticas como a ICAO e a NTSB:

- ❖ ICAO Adrep Summary (*International Civil Aviation Organisation*);
- ❖ ICAO Circular Aircraft Accident Digests (*International Civil Aviation Organisation*);
- ❖ ICAO Journal (*International Civil Aviation Organisation*) ;
- ❖ NTSB Aircraft Accident Reports (*National Transportation Safety Board*);
- ❖ NTSB Accident Synopses (*National Transportation Safety Board*).

Para além destas fontes, a *Aviation Safety Network* cruza a informação obtida com livros e publicações em revistas do sector aeronáutico, tais como:

- ❖ *Air Safety Week*;
- ❖ *Aviation Quantitative Reports on Safety*;
- ❖ *Aviation Week and Space Technology*;
- ❖ *Flight International*;
- ❖ *Scramble*.

Em suma, tendo por pressuposto o reforço da base de dados, e atendendo à proliferação de critérios na recolha e investigação de ocorrências, optámos, na consulta às diversas fontes, por uma uniformização de dados – e em escala temporal, que melhor se adequasse aos nossos propósitos de tratamento de informação.

A lista de aeronaves de transporte, de passageiros e mercadorias, civis e militares, directamente relacionadas com este trabalho, está no Anexo B.

## 4.4 Resultados

- Evolução de Acidentes Aéreos – Aumento de Tráfego e Evolução de Acidentes

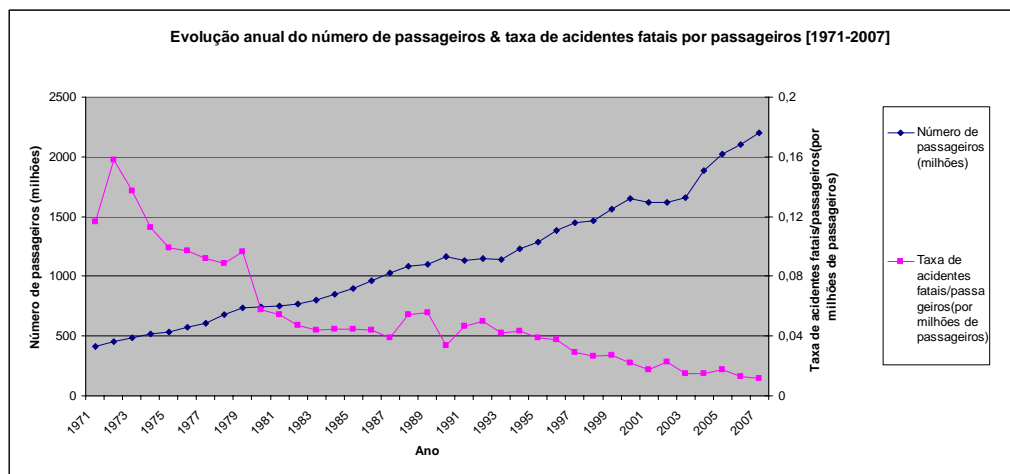


Figura 4.4.1: Evolução anual do número de passageiros e taxa de acidentes fatais por passageiros (não inclui aviação executiva nem militar)

Fonte: (própria)

Na figura 4.4.1 está representado tanto a evolução do número de passageiros transportados por via aérea como a taxa de acidentes fatais por milhões de passageiros transportados entre 1971 e 2007.

Na linha correspondente à evolução do número de passageiros é possível observar dois momentos negativos da tendência natural de subida, coincidindo com a guerra do Iraque em 1991 e com os ataques terroristas a 11 de Setembro de 2001. Como se sabe estes dois acontecimentos, especialmente o último, marcaram um período de desconfiança por parte dos passageiros na aviação civil o que levou a um decréscimo da procura de viagens por meio aéreo.

No que diz respeito à evolução da taxa de acidentes é visível a tendência de descida, especialmente abrupta durante a década de 70. A partir dos anos 90 esta taxa iniciou uma descida lenta, mas sempre a atingir recordes de segurança. O ano de 2007 foi o ano onde esta taxa atingiu o seu mínimo, e assim o melhor ano de sempre da história da segurança aérea. O sucesso deste resultado é de extrema importância, visto que, apesar do tráfego aéreo aumentar os índices de segurança também aumentam certificando o transporte aéreo como o mais seguro de todos os meios de transporte.

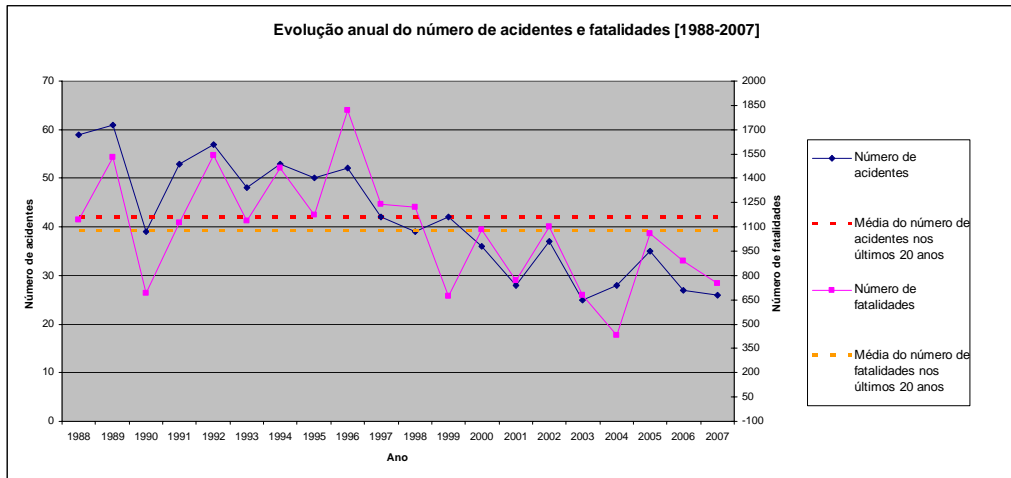


Figura 4.4.2: Evolução anual do número de acidentes e fatalidades (não inclui aviação executiva nem militar)  
 Fonte: (própria)

Na figura 4.4.2 está apresentado um gráfico que mostra a evolução do número de acidentes e fatalidades no período entre 1988 e 2007. O ano de 1988 não foi escolhido ao acaso, coincide com o ano em que foi lançado a quarta geração de aeronaves, equipadas com os sistemas *fly-by-wire* e protecção de envelope de voo. A introdução destas aeronaves nas frotas das empresas de transporte aéreo teve como objectivo primário melhorar os níveis de segurança nas operações aéreas, o que acabou por se concretizar como é visível pelos resultados.

A média de acidentes nas últimas duas décadas é de 42 ocorrências, enquanto que a média de fatalidades se encontra em 1075 vítimas. Apesar da quantidade de acidentes e fatalidades ser muito irregular de ano para ano, é visível que na primeira década estes números se encontram acima das médias registadas dos últimos 20 anos, enquanto que na última década se situam abaixo das médias.

Realizando uma análise de um intervalo de tempo mais curto, o ano de 2007 regista valores abaixo da média dos últimos 10 anos, registando 26 acidentes e 750 fatalidades quando a média se encontra em 33 e 865 respectivamente. Apesar de 2007 estar abaixo da média é o ano de 2003 que regista o recorde de menos acidentes com 25 ocorrências, e o ano de 2004 que regista menos fatalidades com 429 vítimas mortais. Tendo em conta que estes valores estão gradualmente a baixar todos os anos, estamos perante melhorias significativas na segurança aeronáutica.

- Evolução de Acidentes Aéreos – Fases de voo

O investigação das fases mais perigosas do voo é uma tarefa de extrema importância, visto que permite perceber quais os períodos do voo mais prováveis da ocorrência de acidentes.

As fases de voo apresentadas estão de acordo com as descrições usadas pela equipa da ICAO (CAST/ICAO *Common Taxonomy Team*) criada para padronizar os termos e definições aeronáuticas utilizados nos sistemas de participação de ocorrências (Anexo C).

O estudo a seguir apresentado é referente a todo o tipo de aviação de transporte, não se limitando apenas à aviação comercial a jacto.

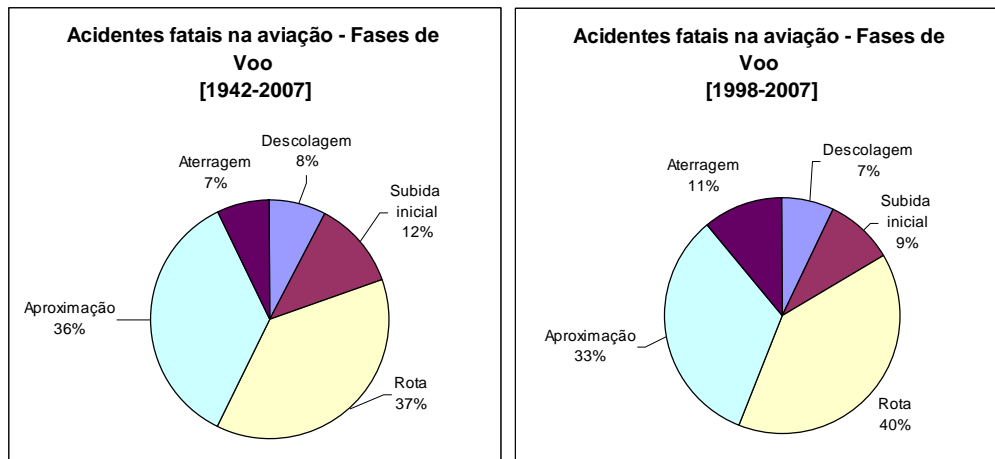


Figura 4.4.3: Evolução dos acidentes fatais por fase de voo  
 Fonte: (própria)

Como se pode observar na fig. 4.4.3 as fases de mais perigo da ocorrência de acidentes fatais permanecem quase as mesmas após vários anos.

A fase em rota (*en route*) continua a ser a mais perigosa, esta engloba vários estágios do voo como a subida para cruzeiro, o cruzeiro e a descida para a aproximação. Esta é também a fase em que as aeronaves passam a maior parte do tempo de voo, aumentando assim a exposição ao risco.

Outra situação preocupante é a fase de aproximação. Apesar dos desenvolvimentos tecnológicos terem ajudado a diminuir o CFIT, como o GPWS, a fase de aproximação continua a ser perigosa especialmente para aeronaves turbo-hélice e pistão-hélice. Muitas destas aeronaves não vêm equipadas com a última

geração de tecnologia, mas no entanto realizam voos comerciais de passageiros tal como as aeronaves a jacto.

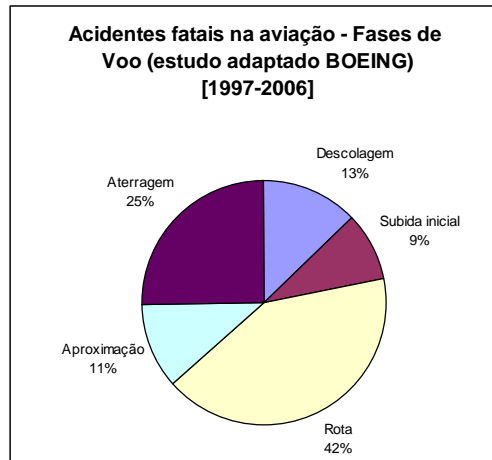


Figura 4.4.4: Evolução dos acidentes fatais por fase de voo, estudo adaptado da Boeing Commercial Airplanes (2007b)

A fig. 4.4.4 reforça a ideia anteriormente defendida. No estudo da Boeing para a evolução dos acidentes fatais por fase de voo são consideradas apenas aeronaves a jacto, as mais comuns de se observarem hoje num aeroporto internacional. Neste estudo é manifesto que hoje em dia as aeronaves comerciais a jacto têm menos acidentes na fase de aproximação ao invés do que acontecia há uns anos atrás. A evolução tecnológica nestas aeronaves foi essencial para reduzir o fenómeno do CFIT.

Para além das ocorrências fatais serem causadas maioritariamente em rota a segunda fase mais perigosa é a aterragem, sempre uma fase complicada neste tipo de aeronaves, muitas vezes porque aterram com velocidades elevadas.

De uma forma geral é em rota que acontece a maior parte dos acidentes na aviação. Este termo pode induzir em erro levando a pensar que os acidentes ocorrem em voo de cruzeiro, o que não corresponde à verdade. Nesta fase os acidentes ocorrem maioritariamente na subida para o cruzeiro ou na descida para a aproximação. Na subida existe a possibilidade de avarias adquiridas no solo se manifestarem quando a aeronave tenta vencer a gravidade, enquanto que na descida a aeronave está sujeita a enfrentar as condições atmosféricas adversas existentes no destino, como limitada está à quantidade de combustível que transporta para um eventual desvio.

- Evolução de Acidentes Aéreos – Estruturas de aeronaves

Os primeiros acidentes aéreos relacionados com falhas estruturais registados no início da aviação aconteciam pelo escasso conhecimento existente à época sobre a Engenharia dos Materiais e as limitações das aeronaves por parte dos pilotos. Muitas aeronaves acabavam por partir em pleno voo devido à fadiga dos materiais ou à exposição de condições atmosféricas adversas (ventos fortes, tempestades). Contudo a existência de tais ocorrências colocou pressão aos engenheiros aeronáuticos (e não só), e estes começaram a estudar as propriedades e os comportamentos dos materiais usados nas aeronaves afim de eliminar os problemas existentes.

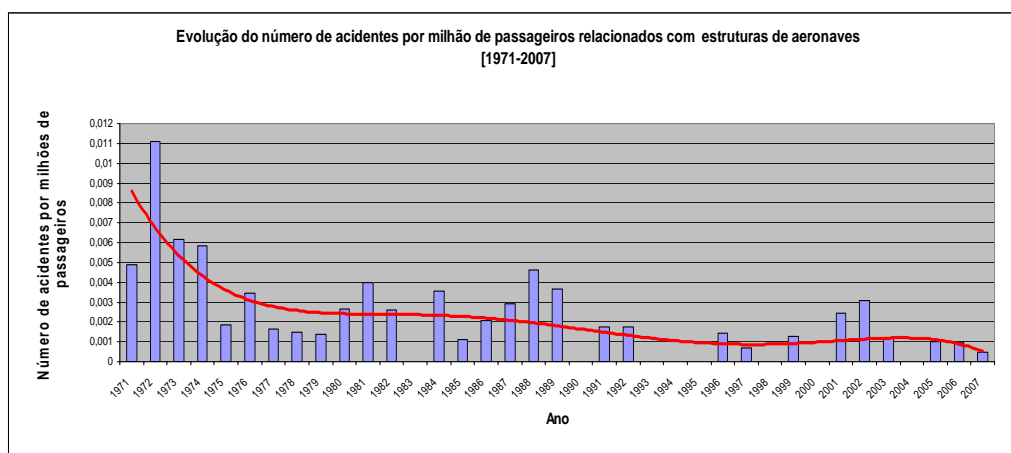


Figura 4.4.5: Evolução do número de acidentes por milhão de passageiros transportados relacionados com estruturas de aeronaves

Fonte: (própria)

A fig. 4.4.5 ilustra a evolução do número de acidentes por milhão de passageiros transportados. Pode-se observar através da linha tendência (linha a vermelho) uma descida acentuada na década de 70 deste tipo de sinistralidade para valores muito próximos de zero. Contudo em 2001 e 2002 houve uma ligeira subida neste índice influenciada não só pelo aumento dos acidentes, mas também pela redução do número de passageiros transportados nesses anos. De facto, foram nestes dois anos que ocorreram os dois acidentes mais graves relacionados com falhas estruturais em aeronaves nos últimos 10 anos.

O primeiro sucedeu a 12 de Novembro de 2001 em Nova Iorque num Airbus A300, devido à separação do estabilizador vertical da aeronave quando esta se

encontrava em subida para cruzeiro. A investigação realizada atribuiu erro humano à causa deste acidente. O co-piloto, na altura encarregue de voar a aeronave, ao encontrar turbulência de esteira deixada por um Boeing 747 reagiu agressivamente ao aplicar cargas sucessivas, muito fortes e desnecessárias no leme de direcção. O estabilizador vertical após sofrer cargas superiores ao limite de projecto, acabou por ser arrancado da aeronave. Todavia, apesar do factor humano ser responsável, ficou registado no relatório do acidente que o treino de manobras avançadas da *American Airlines* poderá ter influenciado o co-piloto a ficar com uma perspectiva errada e exagerada do fenómeno da turbulência de esteira, pois dois pilotos da companhia em outras duas ocasiões relataram atitudes anormais deste co-piloto quando encontrou turbulência deixada por outras aeronaves. Este acidente acabou por ser o mais grave de todos aqueles relacionados com estruturas de aeronaves nos últimos 10 anos com 265 fatalidades a lamentar.

O segundo acidente mais grave alusivo a este tema ocorreu a 25 de Maio de 2002 em Taiwan, quando um Boeing 747 se encontrava na fase de subida para atingir a altitude de cruzeiro. Uma falha estrutural grave na secção traseira da fuselagem causou o descontrolo e a queda da aeronave. A investigação do acidente apontou como causa a deficiente reparação da fuselagem efectuada 22 anos antes, mencionando que as equipas de reparação não seguiram o manual de reparações estruturais da Boeing. Como consequência desta falha a aeronave foi criando fissuras na fuselagem ao longo dos anos, sendo curioso o facto das equipas de manutenção nunca darem conta de tais anomalias nos programas de inspecção obrigatórios. A fuselagem no seu último voo acabou por ceder devido à fadiga do material, causando um desastre que vitimou 225 pessoas.

A taxa de fatalidade na ocorrência de um acidente relacionado com elementos estruturais da aeronave por norma é elevada. Contudo, é visível que a média a partir de 2000 baixou notavelmente de 90% (década de 90) para 71,2%, registando assim uma melhoria. Também é importante salientar que a taxa actual permanece abaixo da taxa de fatalidade média desde o início da aviação civil, isto é 88,9%.

Este progresso na taxa de sobrevivência é por si só um bom índice, porém se os 2 acidentes anteriormente referidos fossem evitados, esta taxa poderia estar no valor de 63,7%; contudo, a história assim não o quis.

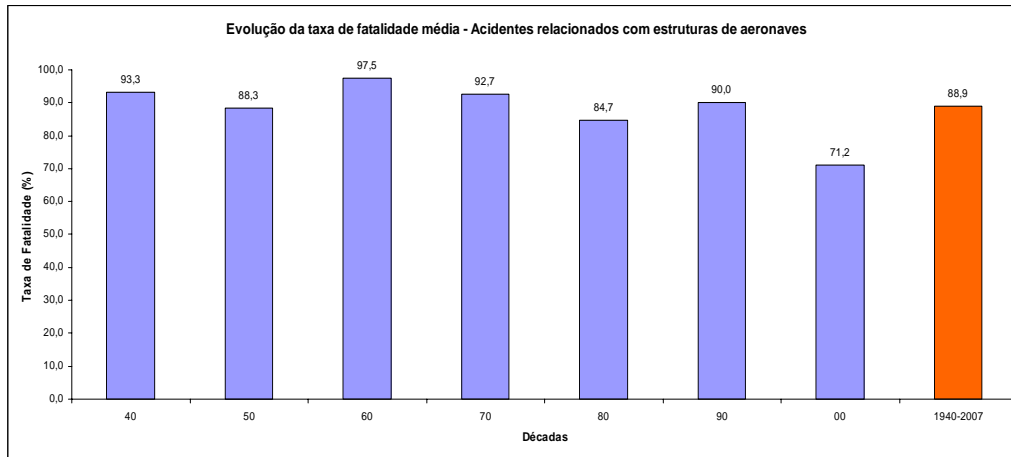


Figura 4.4.6: Evolução da taxa de fatalidade média em acidentes relacionados com estruturas de aeronaves  
 Fonte: (própria)

A tabela 4.4.1 apresenta a evolução dos acidentes relacionados com falhas estruturais da aeronave por tipo de motor. Está patente na tabela que as aeronaves com motores pistão-hélice e turbo-hélice são mais propícias a terem este tipo de ocorrências, contudo é preciso analisar com mais rigor os dados.

Tabela 4.4.1: Distribuição de ocorrências por tipo de motor relacionadas com estruturas de aeronaves

Motor	1942-2007		1998-2007	
	Jacto	Hélice	Jacto	Hélice
Distribuição de Ocorrências	24%	76%	33%	67%

Fonte: (própria)

Como se sabe o primeiro voo comercial realizado por um avião a jacto foi em 1952 pelo então famoso Comet, no entanto este tipo de aeronave não teve muita expressão até ao aparecimento do Boeing 707 que revolucionou a aviação na década de 60. Logo, é com naturalidade que os números indiquem que 24 % dos acidentes relacionados com estruturas desde o início das operações comerciais na década de 40 até aos dias de hoje são de aeronaves a jacto. Todavia, nos últimos 10 anos pode-se observar que no universo dos acidentes, 33% foram para aviões a jacto implicando que os restantes 67% sejam de aeronaves pistão-hélice e turbo-hélice.

A evolução destes acidentes por fases de voo tem sido interessante ao longo dos anos, isto porque contabilizando as ocorrências desde 1942 até 2007 este tipo de

acidentes maioritariamente sucede em fase de rota. Contudo, analisando ao pormenor os últimos 10 anos nota-se uma maior distribuição dos acidentes por fases de voo.

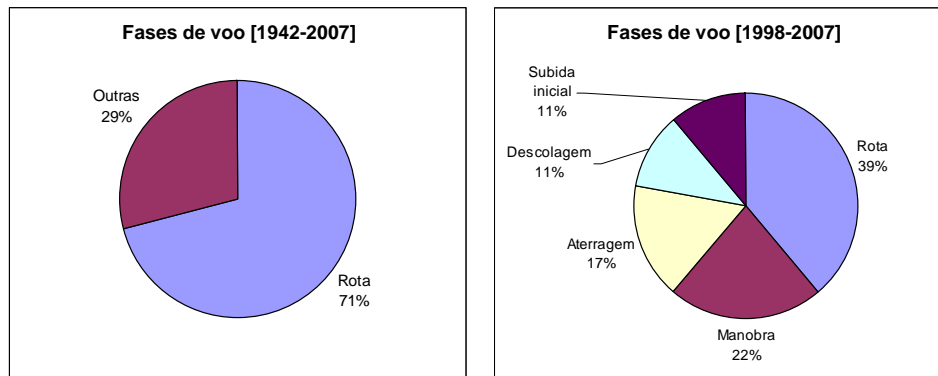


Figura 4.4.7: Evolução dos acidentes relacionados com estruturas de aeronaves por fase de voo  
*Fonte: (própria)*

As aeronaves hoje em dia voam em altitudes elevadas, sendo necessário pressurizá-las para manter as condições de sobrevivência do humano dentro da cabine. Porém, enquanto as aeronaves ao longo da sua existência são pressurizadas e despressurizadas em várias ocasiões, também o material da cabine expande e contrai durante vários ciclos acumulando consigo o fenómeno da fadiga. Apesar das aeronaves modernas serem projectadas para resistir a vários ciclos de compressão, a verdade é que já ocorreram acidentes muito graves em rota causados pela fadiga do material, quer por falhas humanas (reparações, inspecções) quer por falhas mecânicas (idade de serviço da aeronave).

Outro sinal preocupante tem sido o aumento de ocorrências em fase de manobra, normalmente associados a voos de acrobacia ou operações a baixa altitude. Como a segurança do voo acrobático não está em estudo, os acidentes em questão são respeitantes às operações a baixa altitude: combate a incêndios e transporte de pára-quedistas. Estas aeronaves sofrem sensivelmente o mesmo tipo de dificuldades, ambas perdem massa e alteram o seu centro de gravidade bruscamente. No caso de combate a incêndios, talvez mais complexo, estas aeronaves esvaziam os tanques de água (ou outro produto) em segundos aumentando o risco de acidente por fadiga do material, especialmente se estas não forem projectadas inicialmente para esse efeito como tem acontecido nalguns casos (C-130 nos Estados Unidos da América). Em relação às aeronaves de pára-quedismo os acidentes não sucedem muito pela perda

de massa súbita, mas sim pelo excesso de passageiros que os pilotos insensatamente transportam ilegalmente nas aeronaves, o que já provocou consequências desastrosas.

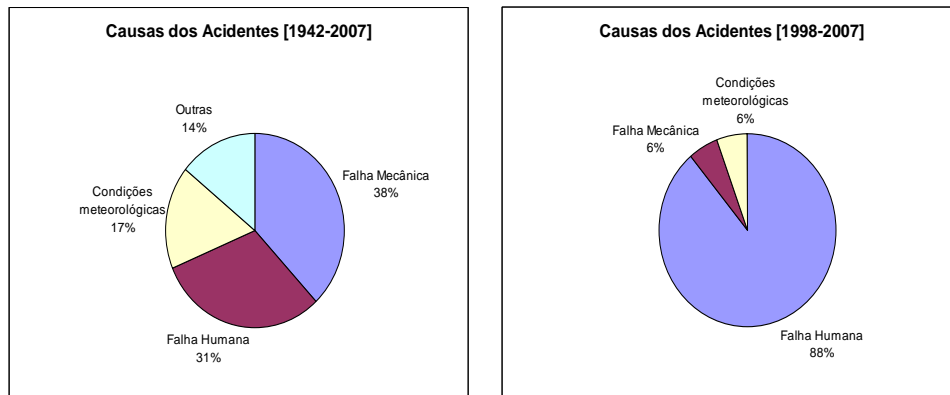


Figura 4.4.8: Causa dos acidentes relacionados com estruturas de aeronaves  
Fonte: (própria)

É conhecido que no início da aviação comercial pouco se sabia sobre os comportamentos e características dos materiais, o que infelizmente causou bastantes acidentes. Provavelmente, esses acidentes eram fruto de erros de concepção e não por falhas mecânicas, todavia este motivo foi amplamente utilizado para justificar estas ocorrências.

Realizando uma análise minuciosa aos últimos 10 anos, o cenário muda de figura. A falha humana é hoje considerada a maior causa dos acidentes relacionados com estruturas de aeronaves, sendo culpabilizada de 88% dos acidentes deste género.

Como ilustra a figura 4.4.9 o grande erro humano neste campo tem sido o descuido das tripulações em verificar se as portas, de passageiros e de carga, das aeronaves se encontram devidamente encerradas. A porta de uma aeronave é parte integrante da estrutura de uma aeronave, como tal, a situação de esta se abrir em pleno voo é grave. Como é natural estas ocorrências acontecem sobretudo em aeronaves menos apetrechadas de tecnologia (turbo-hélice e pistão-hélice), com o caso mais grave a registar a perda de 21 vidas. Contudo, é preciso referir a existência de acidentes em aeronaves equipadas com tecnologias de alerta sobre anomalias no sistema de fecho de portas. Estes aconteceram devido ao completo desleixo das tripulações de *cockpit* que ignoraram os avisos da aeronave, continuando as operações de voo normais.

A segunda causa que mais contribui para acidentes com ligação às estruturas de aeronaves são os erros na manutenção, principalmente pela falta de rigor em seguir os programas de manutenção, não detectando fissuras graves e/ou corrosão de certos materiais. No entanto existe já tecnologia capaz de monitorizar o estado das estruturas da aeronave através de sensores embutidos que analisam e transmitem anomalias às equipas de manutenção. Esta tecnologia é muito útil em situações de fadiga do material.

Por fim, o outro fenómeno não menos importante é a imposição de cargas excessivas aos limites do envelope de voo das aeronaves. Em algumas ocasiões os pilotos involuntariamente, como por exemplo numa situação de emergência, levam as aeronaves aos limites de projecto correndo o risco desta se danificar. Hoje em dia existe tecnologia, como protecção de envelope de voo da Airbus, que previne os pilotos de correr esses riscos limitando as suas acções. Muitos acidentes deste género poderão ser evitados se tal tecnologia for implementada em mais aeronaves.

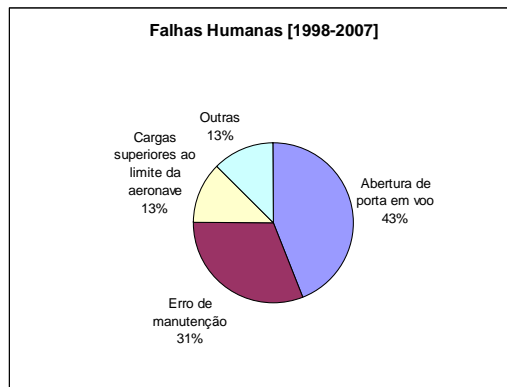


Figura 4.4.9: Falhas humanas dos acidentes relacionados com estruturas de aeronaves  
*Fonte: (própria)*

### Trens de aterragem

Os trens de aterragem fazem parte da estrutura de uma aeronave, mas a informação relativa aos acidentes relacionados por esta componente têm que ser tratadas de um modo distinto, devido ao elevado e variado número de situações que ocorrem.

Os números de acidentes relativos aos trens oscilam de ano para ano, como ilustra a figura 4.4.10.

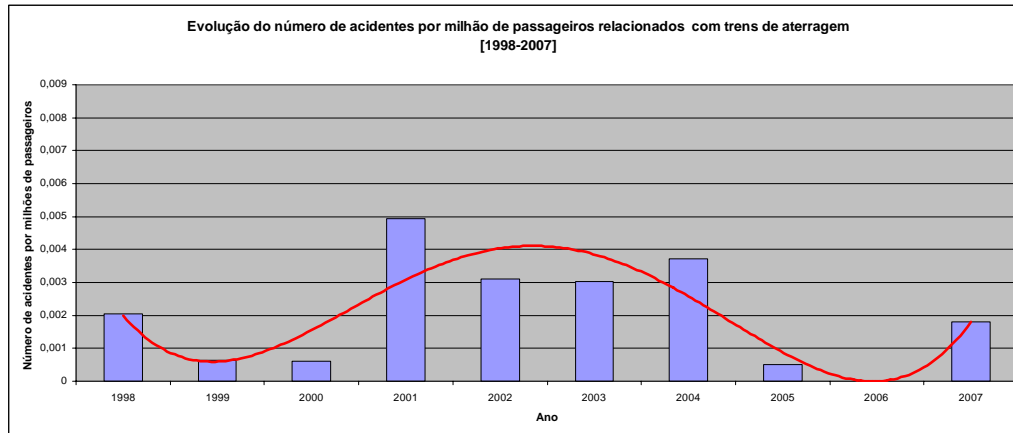


Figura 4.4.10: Evolução do número de acidentes por milhão de passageiros transportados relacionados com trens de aterragem  
 Fonte: (própria)

Apesar de existir um aumento deste género de acidentes no período entre 2001 e 2004, a evolução desta taxa (fig. 4.4.10) ficou também marcada pelos tempos conturbados do pós-11 de Setembro, com a crise do número de passageiros transportados. Um dado curioso foi o aumento considerável deste tipo de acidente em 2007. Na totalidade dos acidentes relacionados (e registados) com o trem de aterragem em 2007, a grande maioria dos mesmos aconteceram à mesma companhia de aviação e com a mesma aeronave: de Havilland Canada DHC-8. A *Scandinavian Airlines International* (SAS) ao temer a reacção negativa dos passageiros e a má imagem que poderia estar a passar para o exterior, decidiu deixar os aviões daquele modelo em terra para a realização de investigações das causas dos acidentes. Em Março de 2008, as construtoras do trem de aterragem e da aeronave acordaram em compensar a companhia de aviação pelos acidentes em questão. Porém, o acordo acabou por ter contornos secretos, pairando no ar o possível assumir de culpas das construtoras pelo erro de concepção ou fabricação dos trens de aterragem das aeronaves acidentadas.

A taxa de fatalidade deste tipo de acidentes é muito baixa, desde 1942 até 2007 a média do valor situa-se em 6,9%. Porém, na entrada desta nova década (a partir de 2000) não há registo de vítimas mortais tornando este tipo de ocorrências pouco problemáticas para a segurança da aviação. Um dos factores mais importantes para o sucesso desta inexistência de fatalidades é a formação dada aos pilotos para lidarem com situações de emergência em que o trem não se estende por completo na fase de

aterragem, onde os treinos realizados nos simuladores de voo são uma componente importante para os pilotos saberem lidar com este tipo de situações.

Um dado importante a reter neste género de acidentes é o facto de acontecerem maioritariamente às aeronaves a jacto (tabela 4.4.2), isto porque quanto maior for a velocidade necessária para aterrar, também maior é o risco de ocorrer acidentes por estes se quebrarem. Outro factor é a fadiga que os trens das aeronaves a jacto sofrem, pois estes têm que aguentar vários ciclos de aterragem com cargas elevadas, e acima de tudo a possibilidade de aterragens mais duras.

Tabela 4.4.2: Distribuição de ocorrências por tipo de motor relacionadas com trens de aterragem

Motor	1942-2007		1998-2007	
	Jacto	Hélice	Jacto	Hélice
Distribuição de Ocorrências	46%	54%	63%	37%

Fonte: (própria)

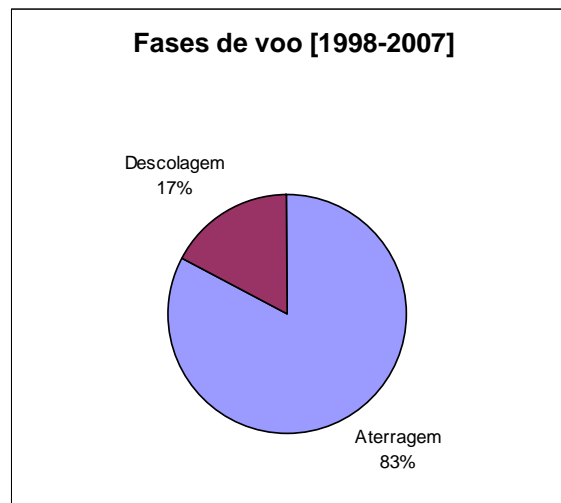


Figura 4.4.11: Evolução dos acidentes relacionados com trens de aterragem por fase de voo

Fonte: (própria)

Como se pode observar na figura 4.4.11 desde 1998 até 2007 a grande maioria dos acidentes na aviação de transporte ocorre na fase de aterragem, pelas razões já referidas. Muitas vezes estas aeronaves acabam por sofrer acidentes pela fadiga do trem, acabando por ceder na pista. Contudo é discutível se existem erros de manutenção nestas ocorrências, visto que as cargas que este componente sofre

durante a sua vida são incertas. O segundo maior motivo para a ocorrência de falhas no trem acaba por ser considerado erro humano, visto que é devido a aterragens realizadas pelas tripulações fora dos limites de carga dos trens.

- Evolução de Ocorrências Aéreas – Superfícies de voo

Existem 3 controlos básicos de uma aeronave, os quais são projectados para alterar e controlar os momentos em torno dos eixos da aeronave (longitudinal, vertical e lateral).



Figura 4.4.12: Eixos de coordenadas de uma aeronave e respectivos movimentos  
Fonte: Almeida, F. (1995)

#### Superfícies de voo primárias:

**Elevador** – este controla o movimento de arfagem (movimento em torno do eixo lateral  $(O, \vec{y})$ ) da aeronave. O elevador é a componente posterior móvel do estabilizador horizontal.

**Leme vertical (*rudder*)** – este controla o movimento de guinada (movimento em torno do eixo vertical  $(O, \vec{z})$ ) da aeronave. O leme vertical é a componente posterior móvel do estabilizador vertical.

**Ailerons** – estes controlam o movimento de rolamento (movimento em torno do eixo longitudinal  $(O, \vec{x})$ ) da aeronave. Os *ailerons* situam-se nas asas da aeronave.

#### Superfícies de voo secundárias:

*Flaps* – Estes dispositivos estão assentes no bordo de fuga nas duas asas junto à raiz.

Quando deflectidos produzem sustentação adicional e reduzem também a velocidade de perda da asa. São usados em fases de voo com velocidade reduzida.

*Slats* – São dispositivos que permitem, tal como os *flaps*, reduzir a velocidade de perda da asa.

*Air brakes/Spoilers* – São dispositivos usados para aumentarem a força de resistência e reduzir a sustentação, levando a aeronave a perder velocidade.

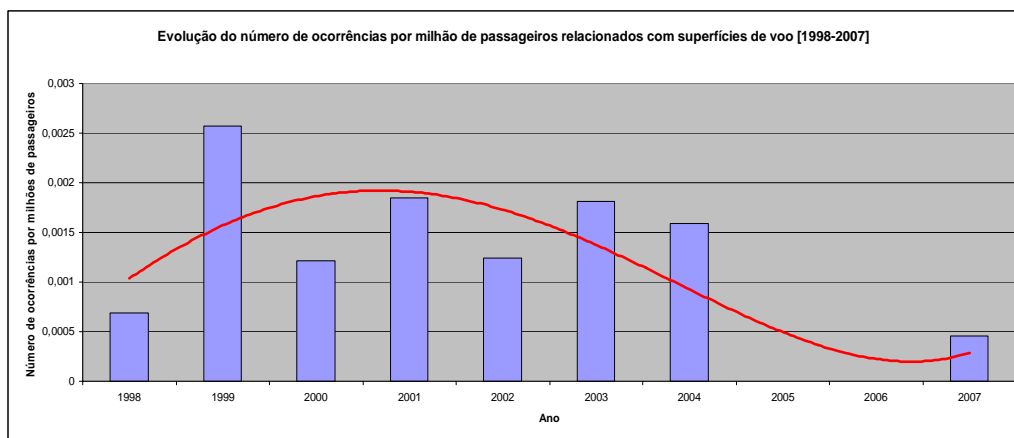


Figura 4.4.13: Evolução do número de ocorrências por milhão de passageiros transportados relacionados com superfícies de voo

Fonte: (própria)

O número de ocorrências relacionado com as superfícies de voo tem aumentado ao longo dos anos, apesar duma ligeira tendência de descida nos últimos 10.

Estes acidentes de uma forma geral são muito perigosos, pois os componentes em questão são superfícies essenciais para pilotar o avião. Na maior parte dos casos, a perda de operacionalidade de apenas uma superfície de voo primária pode ser fatal.

Não é de estranhar, portanto, que a ocorrência de um acidente deste género tenha uma taxa de fatalidade acentuada. Apesar de a média da taxa de fatalidade desde o início do ano 2000 se situar em média nos 59,7%, constata-se que não anda muito longe da média dos últimos 68 anos, 69,2%. Contudo, estes valores estão abaixo ainda assim dos valores obtidos em acidentes relacionados com as estruturas de aeronaves.

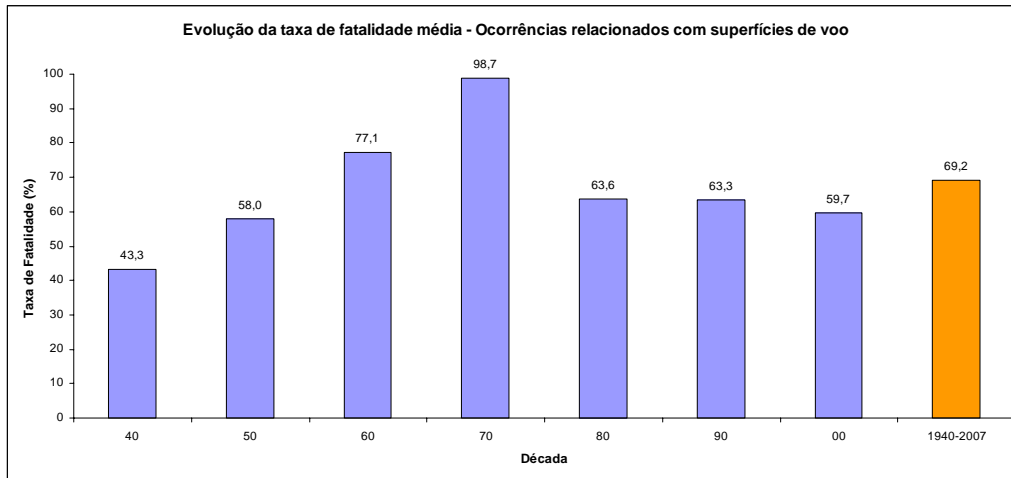


Figura 4.4.14: Evolução da taxa de fatalidade média de ocorrências relacionadas com superfícies de voo  
 Fonte: (própria)

Um facto interessante no registo destas ocorrências tem sido a sua distribuição por tipo de motores, como ilustra a tabela 4.4.3. Existe uma inclinação para que este tipo de ocorrências aconteça em aeronaves a jacto, aquelas que hoje em dia englobam mais tecnologia.

Tabela 4.4.3: Distribuição de ocorrências por tipo de motor relacionadas com superfícies de voo

Motor	1942-2007		1998-2007	
	Jacto	Hélice	Jacto	Hélice
Distribuição de Ocorrências	46%	54%	68%	32%

Fonte: (própria)

Foi, aliás, numa aeronave a jacto que ocorreu um dos acontecimentos mais insólitos na história da aviação sobre este tipo de acidentes/incidentes. Uma aeronave Airbus A320 em 2001 (pertencente à companhia de bandeira alemã *Lufthansa*) deparou-se com uma pequena turbulência após a rotação na fase de descolagem, e como resultado a asa esquerda da aeronave descaiu ligeiramente. O Comandante da aeronave para compensar esta atitude respondeu com um ligeiro toque no *sidestick* para o lado direito, mas no entanto obteve da aeronave uma reacção contrária, isto é, esta rodou ainda mais para a esquerda. Foi efectuada uma nova tentativa para corrigir a atitude da aeronave, contudo este gesto piorou a situação levando esta a atingir um ângulo de rolamento perto dos 22°. Neste incidente valeu a prontidão do co-piloto

que imediatamente assumiu o controlo do avião, mudando as prioridades do *sidesstick* permitindo que este recuperasse a aeronave. Foi citado no relatório do incidente que a ponta da asa esteve a cerca de 50 centímetros do solo, o que demonstra o quão grave era a situação. Após o momento de aflição, a tripulação de *cockpit* levou a aeronave para uma altitude segura, afim de perceber o problema. Alguns testes depois, os pilotos vieram a descobrir que o *sidesstick* do Comandante da aeronave estava revertido no que diz respeito ao comportamento do rolamento, isto é, quando este virava para a esquerda no *sidesstick* a aeronave respondia para a direita, e vice-versa. Obviamente, a aeronave regressou ao aeroporto de partida para resolver o problema. A investigação do incidente revelou que tinham sido realizados trabalhos de manutenção no computador referente aos *aileron*s (ELAC), onde dois pares de pinos tinham sido acidentalmente cruzados durante a reparação. Este erro de manutenção por si só já é anormal, no entanto este erro continuou indetectável durante toda a fase de manutenção e também no *checklist* da tripulação (*FLIGHT CONTROL CHECK*). Esta ocorrência é um bom exemplo de como a relação Humano-Máquina ainda está longe de ser perfeita, desta feita não passou de um incidente grave mas *amanhã* um problema semelhante pode acontecer e o factor sorte não estar do lado do ser humano.

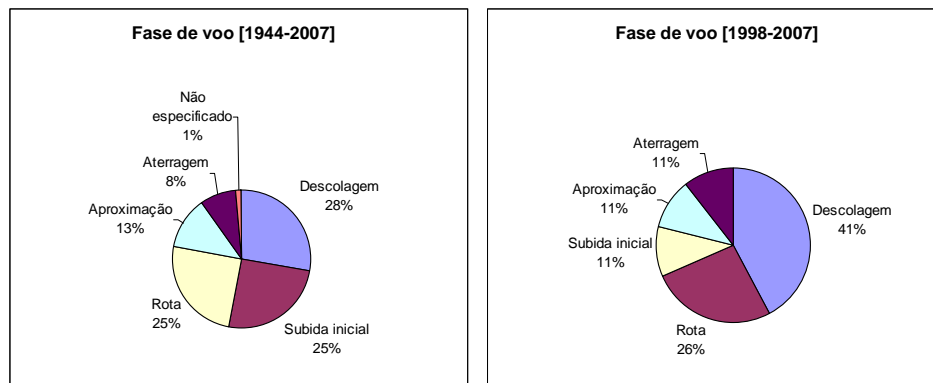


Figura 4.4.15: Evolução das ocorrências relacionadas com superfícies de voo por fase de voo  
 Fonte: (própria)

Como as superfícies de controlo são muito usadas em qualquer fase de voo é com normalidade que os acidentes/incidentes ocorram nas etapas iniciais das operações, como na descollagem e na subida inicial, visível na evolução destas ocorrências entre 1944 e 2007. Todavia, nos últimos 10 anos têm se verificado um

aumento destas ocorrências em rota, nas fases de subida para cruzeiro e na descida para a aproximação.

Não se pode deixar de referir que apesar das outras fases de voo (aproximação e aterragem) estatisticamente terem menos acidentes, não significa forçosamente que não sejam perigosas. Basta lembrar uma série de acidentes sucedidos a aeronaves Boeing 737 quando estas se despenhavam na fase de aproximação. Ficou comprovado pelas autoridades americanas (FAA) que os voos 585 e 427 da *United Airlines* e *US Airways*, respectivamente, foram originados por movimentos inesperados do leme vertical devido a falhas ocorridas na fase de projecto da aeronave. Em consequência da conclusão da investigação dos acidentes, abriram-se processos judiciais nos tribunais americanos. Em 2004, o veredicto culpabilizou a empresa responsável do projecto do controlo do leme (Parker Hannifin), obrigando-a a indemnizar os familiares das vítimas dos acidentes.

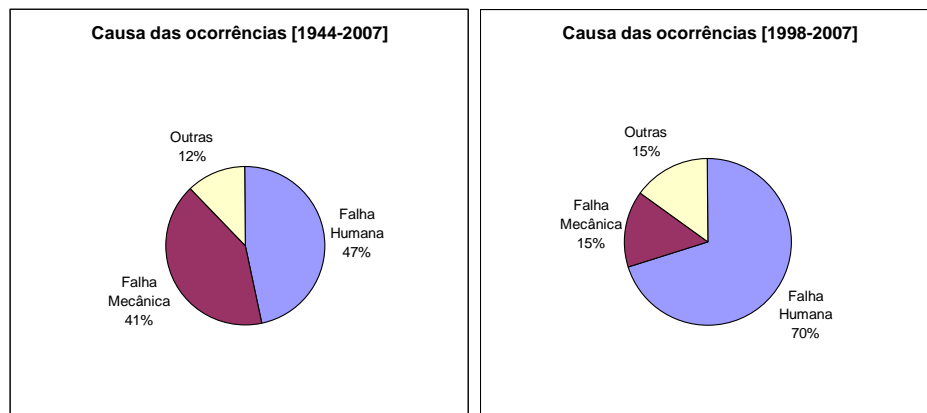


Figura 4.4.16: Causa das ocorrências relacionadas com superfícies de voo por fase de voo  
Fonte: (própria)

Como se pode observar na figura 4.4.16, a falha humana tem sido o factor mais apontados como causa neste género de ocorrências, porém, nos últimos dez anos aumentou a sua taxa de culpa situando-se nos 70%.

Dos acidentes causados por falha humana cerca de 67% foram causados por falhas das equipas de manutenção na resolução de avarias ou até operações de manutenção de rotina. Os outros 33% são erros da tripulação de voo, sendo 20% causados pela deficiente inspecção antes do voo da aeronave, e 13% por erros de pilotagem (ex.: esquecimento de *flaps* na descolagem).

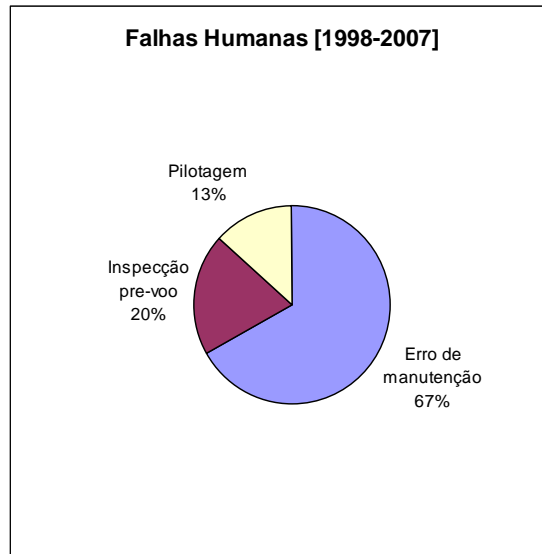


Figura 4.4.17: Falhas humanas das ocorrências relacionadas com superfícies de voo por fase de voo  
*Fonte: (própria)*

- Evolução de Ocorrências Aéreas – Propulsão

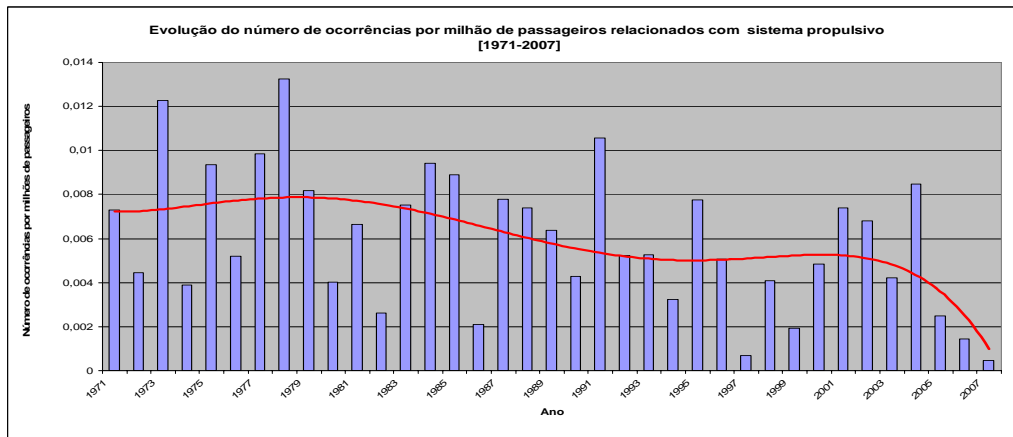


Figura 4.4.18: Evolução do número de ocorrências por milhão de passageiros transportados relacionados com o sistema propulsivo  
*Fonte: (própria)*

Na fig. 4.4.18 pode-se observar a evolução do número de ocorrências relacionadas a falhas propulsivas por milhão de passageiros ao longo dos últimos 36 anos. Existe uma tendência generalizada para que este tipo de acidentes diminua ao longo dos anos. Este valor atingiu o seu máximo nos finais da década de 70 e começou a diminuir ao longo da década de 80 e 90, coincidindo com o início das operações ETOPS. Como tem sido uma constante neste tipo de gráficos, onde o

número de passageiros transportados é considerado, são visíveis os efeitos que o 11 de Setembro de 2001 provocou no que seria a evolução positiva desta taxa. Por fim, o progresso dos últimos 3 anos neste tipo de acidentes foi notável, justificando o porquê do ano de 2007 ser considerado o mais seguro de sempre.

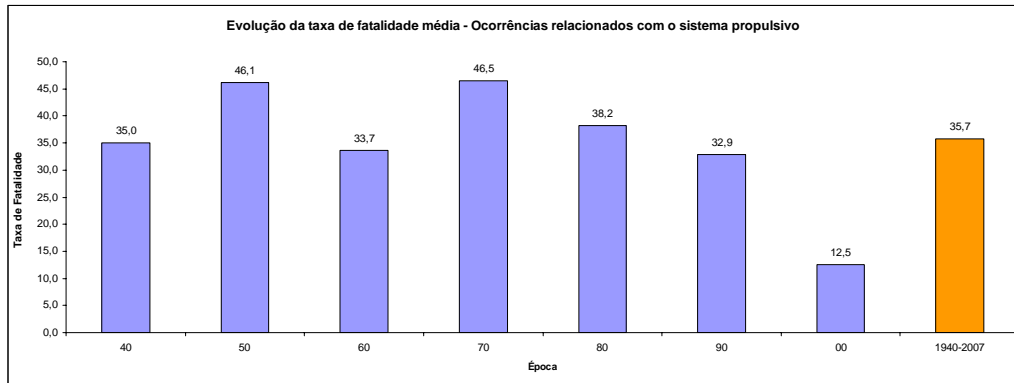


Figura 4.4.19: Evolução da taxa de fatalidade média de ocorrências relacionados com o sistema propulsivo  
 Fonte: (própria)

A evolução dos motores das aeronaves permitiu que hoje em dia as operações se efectuem com mais segurança, existindo actualmente um sucesso enorme de sobrevivência de passageiros quando ocorre um problema relacionado com o sistema propulsivo. Na fig. 4.4.19 está ilustrado isso mesmo: de 2000 até 2007, a taxa de fatalidade situa-se na ordem dos 12,5%, um valor muito positivo quando comparado ao da década de 70 (46,5%).

Porém, uma análise minuciosa (tabela 4.4.4) revela que na última década estes acidentes sucedem mais a aeronaves turbo-hélice, com 72% das ocorrências. As aeronaves a jacto ficam com 28% da totalidade do número de ocorrências. O aumento da fiabilidade das aeronaves equipadas com motores a jacto possibilitou que a taxa de sobrevivência de passageiros (quando surge uma ocorrência relacionada com o motor) atingisse valores impressionantes, sendo nos últimos 7 anos de 99,86% (taxa de fatalidade 0,14%). Estes resultados são o contraste da taxa de fatalidade de 31% entre o período que as aeronaves jacto apareceram até aos dias de hoje, logo uma evolução assinalável. Contudo, esta evolução foi pouco acompanhada pelos motores pistão-hélice e turbo-hélice, com valores médios de 36% entre 1942 e 2007, e 22% entre 1998 e 2007.

Tabela 4.4.4: Distribuição de ocorrências e taxa de fatalidade por tipo de motor relacionadas com o sistema propulsivo

	1942-2007		1998-2007	
Motor	Jacto	Hélice	Jacto	Hélice
Distribuição de Ocorrências	35%	65%	28%	72%
Taxa de Fatalidade	31%	36%	0,14%	22%

Fonte: (própria)

Uma observação importante de relatar é a quantidade anormal de ocorrências existentes na aeronave turbo-hélice Cessna 208. Apesar de ser uma aeronave popular em todo o mundo, a verdade é que cerca de 33% dos acidentes nos últimos 10 anos existentes em motores desta categoria são causados por esta aeronave. Em 2006, a *Flight Safety Foundation* recomendou aos operadores desta aeronave que evitassem operações em condições atmosféricas com gelo, devido a acidentes fatais causados por dificuldades do Cessna neste ambiente. Esta aeronave está no mercado desde 1982, e continuam a ser fabricadas novas variantes.

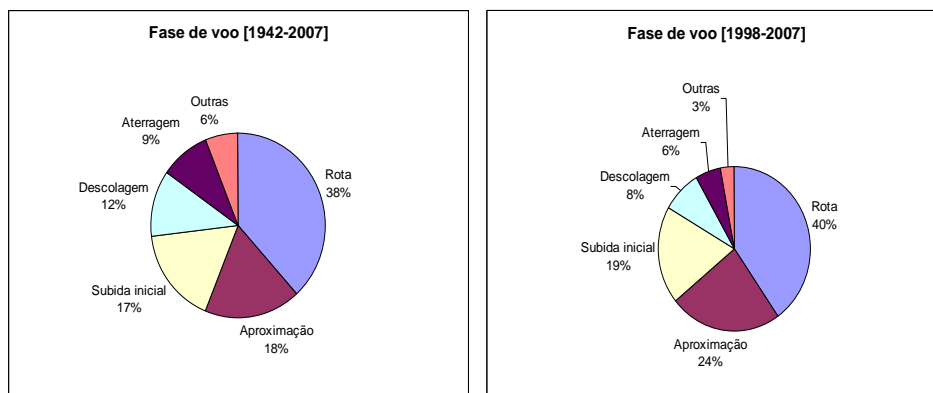


Figura 4.4.20: Evolução das ocorrências relacionadas com o sistema propulsivo por fase de voo

Fonte: (própria)

A partilha das ocorrências relacionadas com o sistema propulsivo por fase de voo permanece quase inalterada, sendo a fase em rota a mais frequente. Esta fase de voo, tal como, a aproximação e a subida inicial subiram ligeiramente no número de ocorrências, enquanto que na descollagem e aterragem diminuíram.

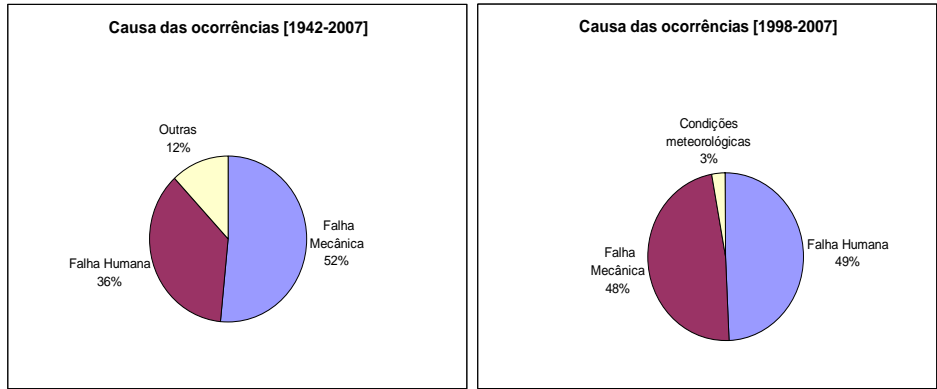


Figura 4.4.21: Causa das ocorrências relacionadas com o sistema propulsivo

Fonte: (própria)

As causas deste tipo de ocorrência são por norma muito repartidas entre a falha mecânica e a falha humana, contudo existem ocorrências consideradas falhas mecânicas em que é extremamente delicado saber se houve responsabilidade humana por de trás ou não. Entre os erros humanos, mais concretamente dos pilotos, são frequentes os motores se desligarem em voo por falta de combustível (ex.: falta de planeamento e de inspeções antes do voo) e também pela falta de conhecimento no uso dos sistemas das aeronaves (ex.: sistemas anti-gelo).

Aparte dos erros de pilotagem existem também os erros realizados pelas equipas de manutenção, quer por falta de capacidade de garantir a operacionalidade dos motores dentro dos parâmetros de segurança (manutenção), ou pela deficiente vistoria do estado de elementos mecânicos fundamentais no motor (inspeção).

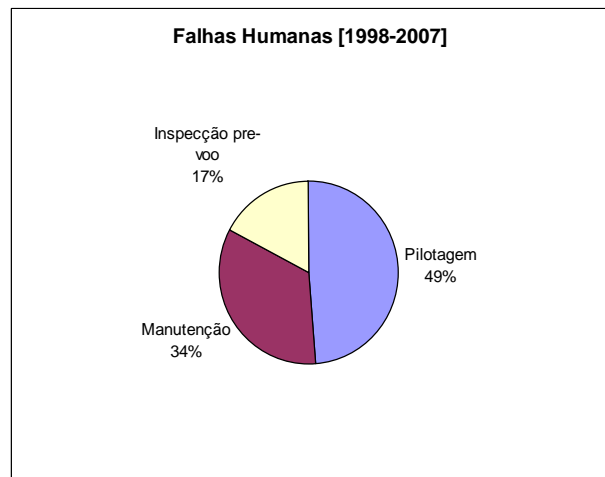


Figura 4.4.22: Falhas humanas das ocorrências relacionadas com o sistema propulsivo

Fonte: (própria)

- Evolução de Acidentes Aéreos – Factores Humanos

### Tripulação

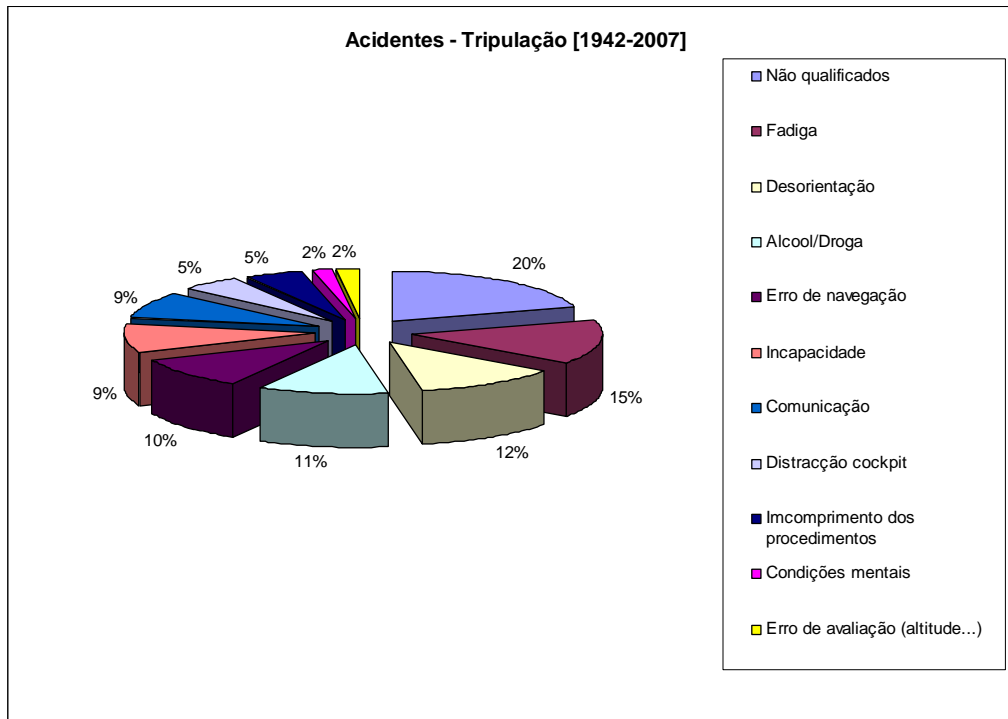


Figura 4.4.23: Acidentes relacionados com a tripulação de *cockpit*  
 Fonte: (própria)

O factor humano, no sector aeronáutico, tem sido a causa da grande maioria dos acidentes aéreos. Como se pode observar na fig.4.4.23 existem variadíssimas razões para a ocorrência de acidentes relacionados com o ser humano, tornando este o elemento mais complexo e instável de analisar na segurança aeronáutica.

É arriscado afirmar com toda a certeza quais as razões dessas falhas, apesar de 20% das mesmas sejam apontadas pela falta de qualificação dos pilotos. Como se sabe actualmente na aviação de transporte as regras são restritas neste aspecto, tendo sido essa causa quase eliminada. No que diz respeito à aviação comercial de aeronaves a jacto, há muitos anos que não existe registo de acidentes por pilotos não qualificados.

No ponto vista tecnológico, o grande passo para combater o erro humano foi dado com a entrada dos simuladores de voo no meio aeronáutico para ajudar na avaliação e treino das tripulações de voo em situações, tanto de rotina como de emergência. Com este tipo de tecnologia, pilotos nunca antes confrontados com anomalias graves em voo, são testados e formados para lidar com as mais sérias situações de emergência que podem ocorrer numa aeronave. Este treino simulado permite aos pilotos terem uma perspectiva dos limites da máquina que têm em mãos e adquirir os conhecimentos necessários para que actuem com serenidade na altura de resolver situações de emergência.

#### Controlo e navegação aérea

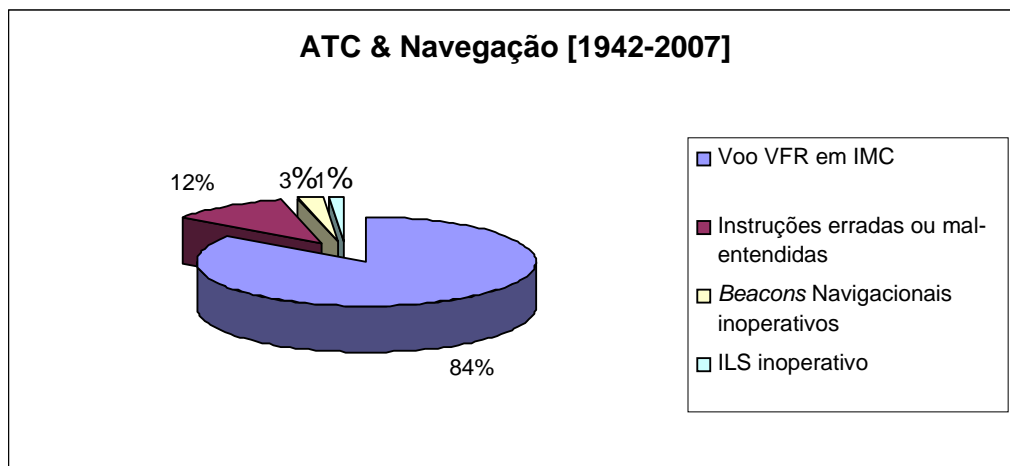


Figura 4.4.24: Acidentes relacionados com controlo e navegação aérea

Fonte: (própria)

Na figura 4.4.24 está presente uma análise sobre acidentes relacionados com o controlo de tráfego aéreo e navegação.

Apesar de existirem vários incidentes relacionados com falhas de comunicação entre pilotos e controladores, neste ponto a causa mais grave de acidentes é o voo em VFR ser executado em condições IMC.

O piloto segundo as regras de VFR é responsável em operar a aeronave unicamente em condições atmosféricas favoráveis através do controlo visual da altitude, da navegação, do tráfego aéreo e outros obstáculos. Estas condições atmosféricas tem o nome de: condições meteorológicas visuais (VMC). As condições

atmosféricas IMC são aquelas que exigem, tanto ao piloto como à aeronave, qualificação para operar sobre as regras IFR. O voo em regras IFR baseia-se na navegação por instrumentos, não dependendo assim do controlo visual do ambiente à volta da aeronave.

É necessário não confundir os termos, pois enquanto VFR e IFR são regras de navegação, VMC e IMC *designam* somente o estado das condições atmosféricas.

Como é natural, este tipo de acidentes não ocorre com frequência em aeronaves de transporte a jacto, sendo estas equipadas e pilotadas quase sempre sobre as regras IFR. Daí a maior incidência deste tipo de acidentes em aeronaves pistão-hélice e turbo-hélice, onde algumas vezes os pilotos não estão seriamente treinados para navegação através de instrumentos.

Os números falam por si: nos últimos 10 anos apenas 13% destes acidentes ocorreram em aeronaves a jacto. O último destes aconteceu a uma aeronave executiva, devido a um mau planeamento de voo, pois o piloto tentou realizar um voo sobre as regras VFR após a descolagem. Este não foi suficientemente lesto e acabou por despenhar a aeronave.

Tabela 4.4.5: Distribuição de ocorrências por tipo de motor relacionadas com voo VFR em IMC

Motor	1942-2007		1998-2007	
	Jacto	Hélice	Jacto	Hélice
Distribuição de Ocorrências	6%	94%	13%	87%

*Fonte: (própria)*

Felizmente o panorama neste tipo de acidentes mudou, visto que, nos últimos 3 anos não há registo de acidentes deste género (fig. 4.4.25). Este índice é um indicador de uma maior capacidade da tecnologia auxiliar o piloto em condições atmosféricas adversas, tal como a mudança de mentalidade e maior formação dos pilotos para enfrentar este tipo de situações.

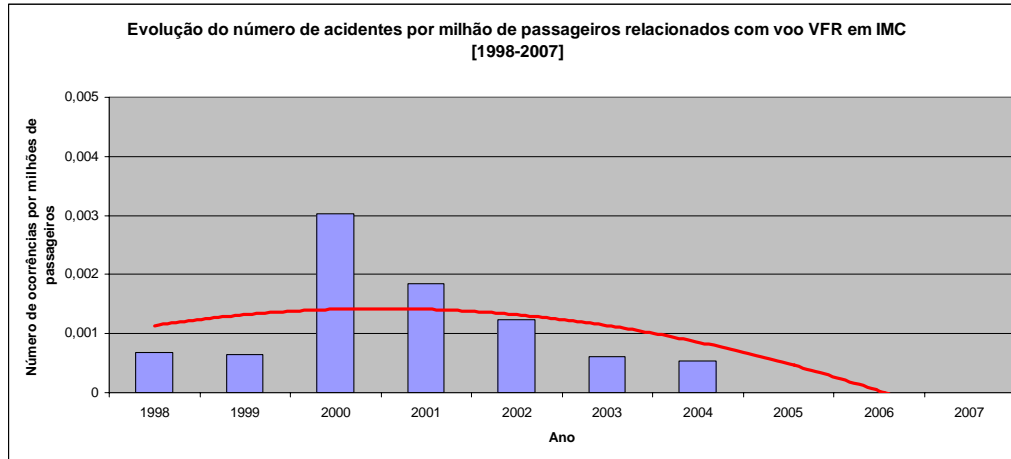


Figura 4.4.25: Evolução do número de acidentes por milhão de passageiros transportados relacionados com voo VFR em IMC

Fonte: (própria)

### Manutenção

As tarefas de manutenção e inspeção de aeronaves são actividades realizadas por pessoas sujeitas a trabalhar sobre pressão em cumprir horários e algumas vezes em ambientes impróprios para esta actividade (Dhillon et al., 2006).

Esta tensão presente nas equipas de manutenção de aeronaves levam, tal como os pilotos, a que estas possam cometer erros no seu trabalho. Esses erros podem ter influência na segurança aeronáutica, e se estes forem graves podem mesmo causar acidentes. Realizando uma análise à fig. 4.4.26 é possível observar que a grande maioria dos acidentes na aviação relacionados com a manutenção são causados pelas peças mal instaladas: o factor rotina é inimigo da perfeição levando a um excesso de confiança e à falta de atenção do operador. No entanto, é errado pensar-se que os outros acidentes com uma taxa menor de frequência não sejam tão ou mais perigosos. A provar esse facto está um dos maiores acidentes da aviação que aconteceu devido a uma falha de reparação de um Boeing 747 vitimando 520 pessoas no Japão.

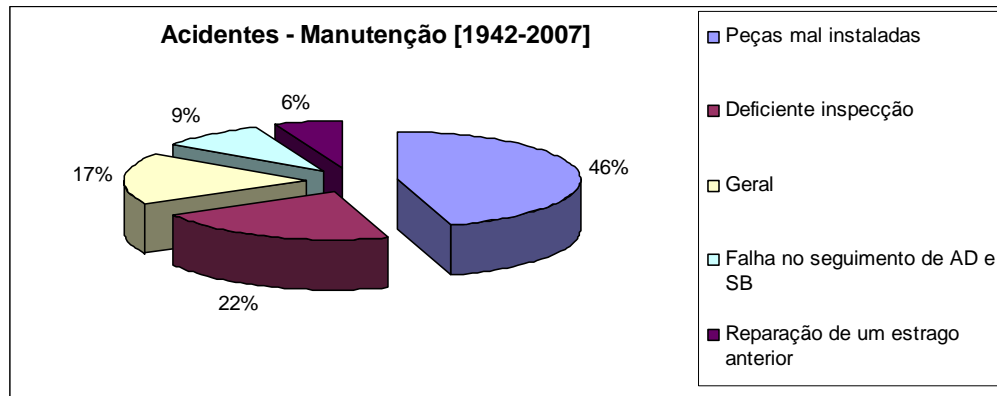


Figura 4.4.26: Acidentes relacionados com manutenção

Fonte: (própria)

A grande parte deste tipo de acidentes dá-se nas fases iniciais do voo. As tripulações por norma enfrentam situações problemáticas nas etapas da descolagem e na subida inicial, porque é nestas fases que as aeronaves começam a dar sinais de possíveis anomalias existentes.

Mas nem todas as ocorrências sucedem no início das operações, como mostra a fig. 4.4.27. Um dos acontecimentos mais conhecidos no panorama nacional sucedeu precisamente em rota, o caso da aterragem de emergência do Airbus A330 da *AirTransat* nos Açores. Recorde-se que uma das causas deste acidente foi o facto da aeronave ficar sem combustível a cerca de 30000 pés de altitude. Alertada pelos sistemas do avião, a tripulação erradamente considerou que estava a ocorrer apenas um problema na transferência de combustível entre os tanques, nunca ponderando uma possível fuga. Na realidade foi essa a situação: uma fuga de combustível surgida no motor direito da aeronave. Estranhamente os procedimentos correctos recomendados pela fábrica não foram seguidos pelos pilotos, pois a tripulação efectuou a transferência de combustível dos tanques que forneciam o motor esquerdo para os tanques que forneciam o motor direito com vista a rectificar a situação de desequilíbrio, o que causou a perda de enorme quantidade de combustível. Apesar de alguns erros de procedimento na tripulação (sem tirar mérito do trabalho notável após o *flame-out* dos motores), a verdade é que a raiz deste acidente esteve precisamente na manutenção. A aeronave em questão foi submetida a uma troca de motores (lado direito) na manutenção, mas a configuração de instalação do motor novo era diferente exigindo outros cuidados na sua instalação. A equipa de manutenção nunca confrontada com este problema acabou por cometer vários erros, ignorando as várias barreiras existentes que permitiriam evitar este acidente. As

falhas foram de tal maneira graves, que se chegou ao ponto de forçar componentes mecânicos (tubo hidráulico e de combustível) para que fosse obtida a folga necessária entre eles. Ao longo do voo os tubos de combustível e hidráulicos acabaram por eliminar a folga existente entrando em contacto, o que provocou a ruptura do tubo e a consequente fuga de combustível.

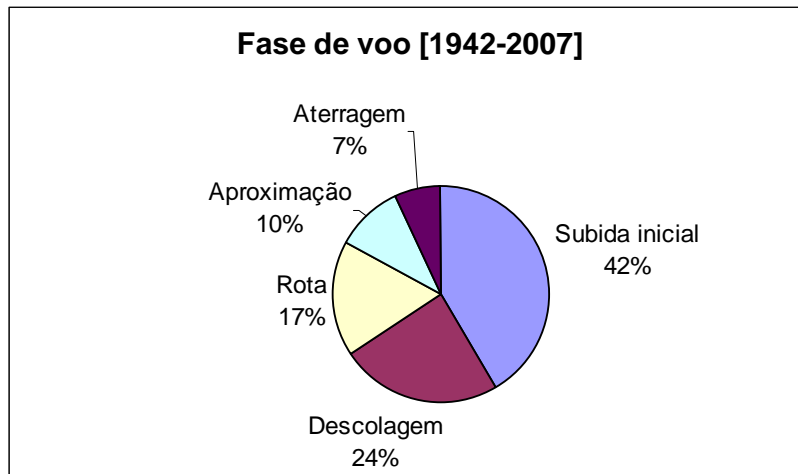


Figura 4.4.27: Evolução das ocorrências relacionadas com manutenção por fase de voo  
Fonte: (própria)

- Evolução de Acidentes Aéreos – Peso e Centragem

A importância da carga aérea muitas vezes é subvalorizada, cerca de 25% da massa disponível para o transporte de pessoas e bens (bagagem, carga, etc.) numa aeronave é ocupada com carga e correio. O encaixe financeiro proveniente deste negócio tem uma parcela equivalente a 12,5% do total dos lucros das companhias realizadas ao fim de um ano, reforçando ainda mais a sua importância na economia do sector.

A maior parte da carga aérea voa em aeronaves que simultaneamente fazem o serviço de transporte de passageiros, usando o espaço livre do porão para aumentar a eficiência operacional da aeronave (maximizando as capacidades). Contudo estas aeronaves de passageiros têm alguns defeitos no que diz respeito a este tipo de operações, pois estas não conseguem transportar volumes espaçosos ou levar toda a carga por despachar que muitas vezes tem de ficar em terra para não exceder os limites de massa da aeronave. Nesses casos existem os aviões de carga projectados especificamente para o carregamento aéreo.

No entanto, existem situações em que as regras não são respeitadas. Acidentes relacionados com peso e centragem das aeronaves acontecem, por descuido das tripulações de voo ou até pelo pessoal de terra responsável pela execução da distribuição da carga na aeronave.

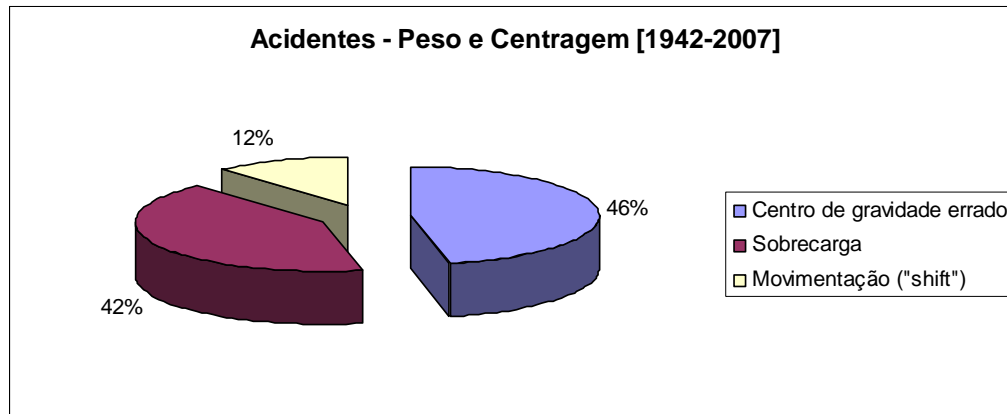


Figura 4.4.28: Acidentes relacionados com peso e centragem  
Fonte: (própria)

Nos acidentes relacionados com o peso e centragem, a grande maioria estão ligados ao erro de cálculo do centro de gravidade e ao excesso de massa à decolagem. Com menos casos está a movimentação de carga durante a operação, que por ventura, poderá alterar o centro de gravidade da aeronave.

Como é natural os acidentes com ligação ao centro de gravidade mal calculado ocorrem em grande parte em aeronaves turbo-hélice (tabela 4.4.6). Tal porque, estas aeronaves não dispõem de tecnologia, nem alguns operadores destas possuem conhecimentos para realizar duma forma segura este tipo de operações.

Por outro lado, as aeronaves modernas a jacto integram computadores que permitem à tripulação averiguar se a distribuição do peso e centragem da aeronave está correcta, possibilitando não só realizar as operações com segurança, como com a máxima eficiência. Os pilotos com recurso à última tecnologia existente em aeronaves, podem *jogar* com a distribuição do combustível nos tanques da aeronave em qualquer fase de voo assegurando que o centro de gravidade se encontre sempre em condições óptimas (esta gestão pode ser realizada de forma automática pelos computadores). Para além disso, a rede de logística por de trás destas operações está normalmente associada a grandes empresas no sector de transporte de carga aérea, que possuem meios e experiência neste negócio.

Tabela 4.4.6: Distribuição de ocorrências por tipo de motor relacionadas com C.G errado~

Motor	1942-2007		1998-2007	
	Jacto	Hélice	Jacto	Hélice
Distribuição de Ocorrências	29%	71%	17%	83%

Fonte: (própria)

A tecnologia veio dar um grande impulso à prevenção deste género de acidentes: como se pode observar na figura 4.4.29 não existem registos de acidentes relacionados com o centro de gravidade mal calculado nos últimos 2 anos. Isto não significa porém, que este tipo de acidente esteja eliminado, caso aconteça daqui para a frente serão casos pontuais, visto que estas ocorrências estão a ser suprimidas com o passar dos anos e com a introdução de novas tecnologias.

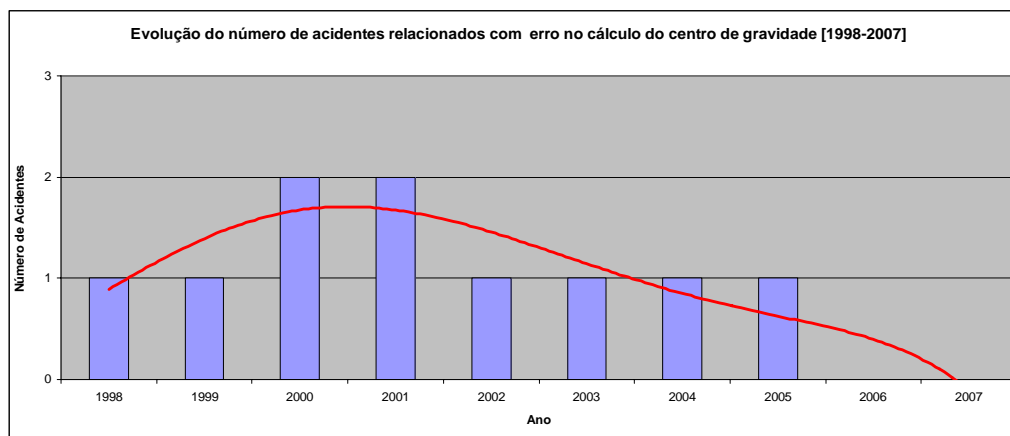


Figura 4.4.29: Evolução do número de acidentes relacionados com o erro no cálculo de centro de gravidade

Fonte: (própria)

- Evolução de Acidentes Aéreos – Colisões

As colisões aéreas podem-se dividir em dois grandes grupos: colisões entre aeronaves e colisões com objectos ou outros corpos.

As colisões entre aeronaves são estatisticamente as mais graves, por norma resultam em danos sérios que comprometem as qualidades de voo das mesmas. A maior parte destes acidentes dá-se em pleno voo (76%), diminuindo muito a hipótese de sobrevivência dos passageiros. Como ilustra a figura 4.4.30, para além das colisões em voo existem também acidentes por incursões de pista, na plataforma e as colisões evitadas no *derradeiro momento*. O último caso pode suscitar dúvidas, isto é, se pode ser considerado acidente ou não, mas caso haja um ferido relacionado com essa

ocorrência é considerado acidente segundo o Anexo 13 da ICAO (ex.: tripulantes de cabine ao realizar o atendimento a passageiros podem ficar feridos se subitamente o Comandante da aeronave se vir obrigado a realizar uma manobra evasiva para evitar uma colisão).

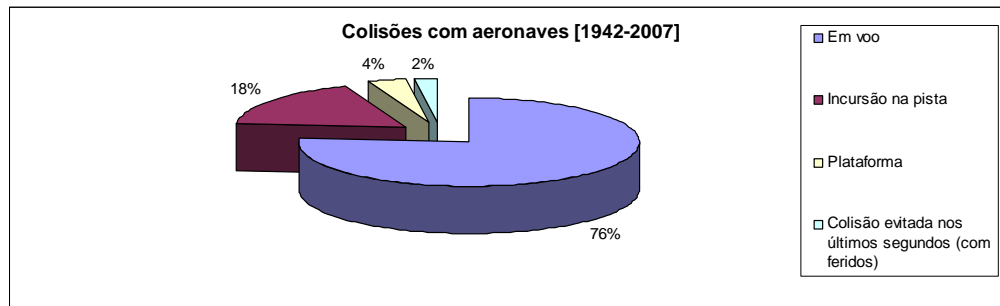


Figura 4.4.30: Acidentes relacionados com colisão de aeronaves  
Fonte: (própria)

Todavia, o simples facto da existência de mais acidentes em voo não retira o perigo, por exemplo, aos acidentes causados por incursões de pista (mais conhecida pelo termo inglês *runway incursion*). O maior acidente da aviação foi precisamente causado por uma incursão de pista protagonizado entre duas aeronaves Boeing 747 no aeroporto de *Los Rodeos* nas Canárias, onde faleceram 583 pessoas. Este acidente aconteceu no ano de 1977, e ficou muito conhecido infelizmente pelos factores que o provocaram sendo ainda hoje um modelo de aprendizagem de como vários processos não devem ser seguidos. Vários regulamentos e procedimentos foram alterados nos anos seguintes, contudo as incursões de pista continuam a ser uma grande fonte de incidentes em todo o mundo. Caso disso foi o acidente em 2001 no aeroporto de Linate em Milão, que possuía desde 1996 um radar de solo para ajudar os controladores a monitorizarem as aeronaves em condições de baixa visibilidade na plataforma e nas pistas. O problema deste acidente não foi tecnológico mas sim humano, pois este radar nunca chegou a ser instalado e o procedimento usado pelo controlador para guiar a aeronave foi ilegal, visto que, só poderia usar tal norma se o radar estivesse em funcionamento. A 20 de Fevereiro de 2008, o controlador aéreo e mais 4 funcionários que ocupavam altos cargos no aeroporto de Milão foram sentenciados por homicídio e negligência. Foi provado que o aeroporto funcionava com várias lacunas de segurança, entre as quais a não instalação do radar de solo, teoricamente existente.

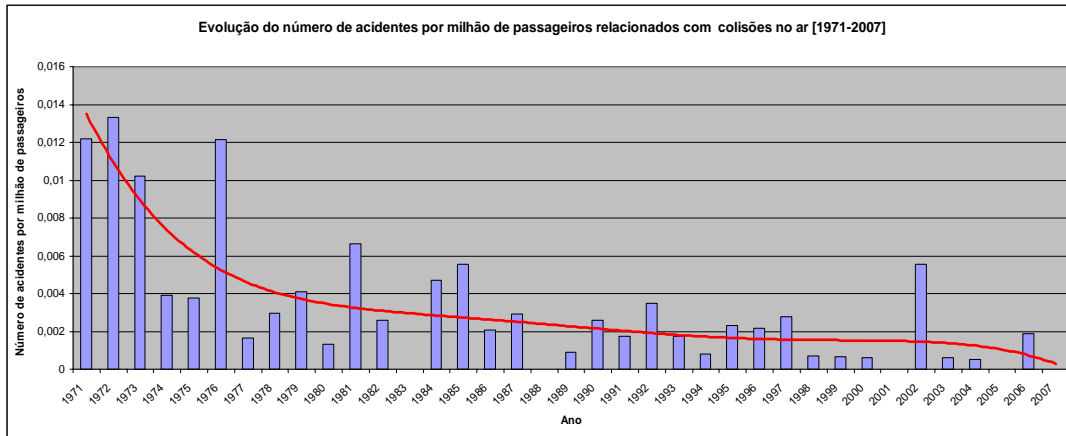


Figura 4.4.31: Evolução do número de acidentes por milhão de passageiros transportados relacionados com colisões de aeronaves em voo

Fonte: (própria)

Como mostra a figura 4.4.31 a evolução de colisões em pleno voo tem descido nos últimos anos na aviação de transporte, sendo que na última década o ano de 2002 foi um ano anormal neste tipo de acidentes, com o registo de 9 acidentes.

O TCAS, tecnologia útil para evitar colisões aéreas, começou a ser introduzido nas aeronaves nos anos 80. Mas apesar deste sistema ser uma preciosa ajuda para os pilotos não consegue evitar eficazmente todas as colisões ocorridas no ar. Um dos exemplos mais recentes aconteceu nos céus do sul da Alemanha em 2002 quando duas aeronaves, um Tupolev 154 com 69 pessoas a bordo e um cargueiro Boeing 757 com 2 tripulantes, colidiram no ar. O desastre não deixou sobreviventes. Ambas as aeronaves vinham equipadas com o TCAS, o que causou estranheza. Após o inquérito foram apuradas várias causas, muitas barreiras que *protegiam* o acidente foram quebradas e revelaram-se falhas no sistema:

- ❖ O processamento de dados do radar da estação de Zurique (estação responsável do controlo aéreo das duas aeronaves) naquela noite tinha sido modificado, e o sistema STCA (alerta de conflito entre aeronaves) estava inoperacional deixando o controlador menos capaz e alerta;
- ❖ As linhas telefónicas da estação de Zurique estavam desligadas devido a trabalhos de manutenção por parte da operadora de telecomunicações. Um telefonema poderia ter evitado o acidente, visto que, o controlador do centro de Karlsruhe detectou no seu sistema STCA o conflito e tentou alertar o

controlador de Zurique via telefone (só o controlador de Zurique estaria ligado na frequência rádio das duas aeronaves);

- ❖ A companhia de navegação não assegurou a qualidade do controlo de tráfego aéreo, pois permitiu que durante a fase nocturna nem todas as estações estivessem a ser usadas por controladores;
- ❖ A companhia de navegação tolerou durante anos que na fase de menos intensidade de tráfego aéreo apenas um controlador estivesse ao serviço, enquanto o outro descansava;
- ❖ O controlador em serviço tinha a seu cargo dois espaços aéreos, a aproximação para Friedrichshafen e a monitorização de 4 voos em trânsito;
- ❖ A aeronave russa seguiu as instruções do controlador aéreo que ordenou a descida, contrariamente ao aviso do TCAS que avisava a tripulação para subir. No outro lado, a aeronave de carga cumpria o alerta do TCAS que advertia a tripulação do avião que deveria descer, todavia os regulamentos explicam que caso uma altitude seja alterada por um alerta do TCAS a tripulação deve informar imediatamente o controlador aéreo, o que acabaram por fazer já tarde demais;
- ❖ Os regulamentos publicados pela ICAO referentes ao sistema ACAS/TCAS originaram nas autoridades nacionais de cada país uma falta de padronização dos regulamentos internos sobre as instruções operacionais e procedimentos do TCAS, tornando-os mesmo contraditórios. Segundo a autoridade russa as tripulações, em caso de conflito de instruções entre TCAS e controlador, deveriam seguir o ser humano. Já nas tripulações ocidentais a filosofia é completamente a oposta, estas devem seguir sempre a tecnologia.

Infelizmente este acidente acabou por ser um exemplo do famoso modelo de acidentes de James Reason, *Swiss Cheese*, onde as falhas existentes permitiram que as barreiras de protecção fossem transpostas.

A taxa de fatalidade média de acidentes relacionados com colisões entre aeronaves nos últimos 7 anos baixou consideravelmente. No entanto é preciso analisar com exactidão estes dados, isto porque, algumas colisões registadas neste período de tempo são sobretudo situações entre aeronaves comerciais e aeronaves da

aviação geral. Como os dados da aviação geral não são tratados neste estudo, a taxa de fatalidade acaba por ser um pouco irrealista.

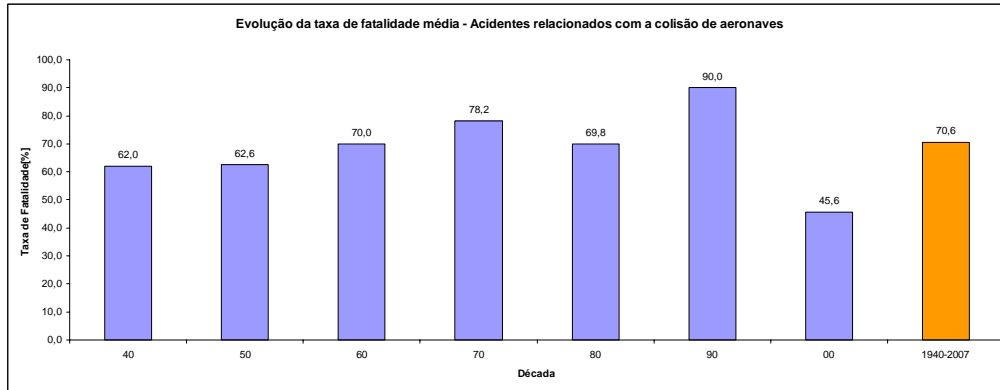


Figura 4.4.32: Evolução da taxa de fatalidade média de acidentes relacionados com colisões em voo

Fonte: (própria)

Quando uma colisão deste género ocorre, a probabilidade da aeronave comercial sair com menos danos e resistir é maior, isto por ter dimensões superiores. Todavia, a última colisão aérea ocorrida por sinal não subscreve esta tendência. Em 2006 no Brasil, uma aeronave executiva colidiu com um Boeing 737-800, mas neste caso foi a aeronave comercial que registou danos irreparáveis que levaram à sua queda. A aeronave executiva escapou com danos menores. Este acidente ainda contém episódios misteriosos, como por exemplo, o porquê do desaparecimento do sinal do *transponder* da aeronave executiva no radar do controlador aéreo por um longo período de tempo.

Tabela 4.4.7: Distribuição de ocorrências por tipo de motor relacionadas com colisões em voo

Motor	1942-2007		1998-2007	
	Jacto	Hélice	Jacto	Hélice
Distribuição de Ocorrências	32%	68%	55%	45%

Fonte: (própria)

Outro tipo de colisões é as com objectos e outros corpos, nos quais se destaca as colisões com aves (conhecido pelo termo inglês *bird strike*). As colisões de aeronaves com aves podem ser muito problemáticas, por exemplo se uma ave colide na zona do motor os danos são consideráveis. Se tivermos em conta que esta colisão

por ventura se dê numa das fases mais críticas do voo, como a decolagem, o problema poderá ser ainda maior.

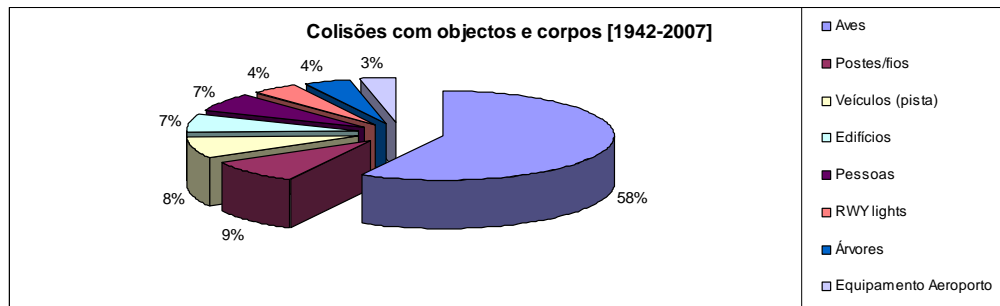


Figura 4.4.33: Acidentes relacionados com colisão de objectos e outros corpos  
*Fonte: (própria)*

Estes acidentes diminuíram consideravelmente devido a medidas criadas nos aeroportos para prevenir estes acidentes:

- ❖ Caçadores;
- ❖ Uso de pistolas;
- ❖ Veículos equipados com geradores de ruído;
- ❖ Canhões de gás;
- ❖ Aves de rapina;
- ❖ (...).

Como se pode ver na figura 4.4.34 estes acidentes tiveram uma redução no final da década de 70, no entanto estabilizaram a partir desse período o que pode ser um sinal que algo mais tem que ser feito. Há certas medidas que deixaram de ter efeito como os canhões de gás, pois as aves acostumaram-se ao ruído e permanecem nas imediações do aeroporto.

A tecnologia neste campo ainda não foi capaz de dar uma resposta adequada para afastar as aves dos aeroportos, e muito menos na criação de um dispositivo específico nas aeronaves que consiga ajudar as tripulações a diminuir este risco.

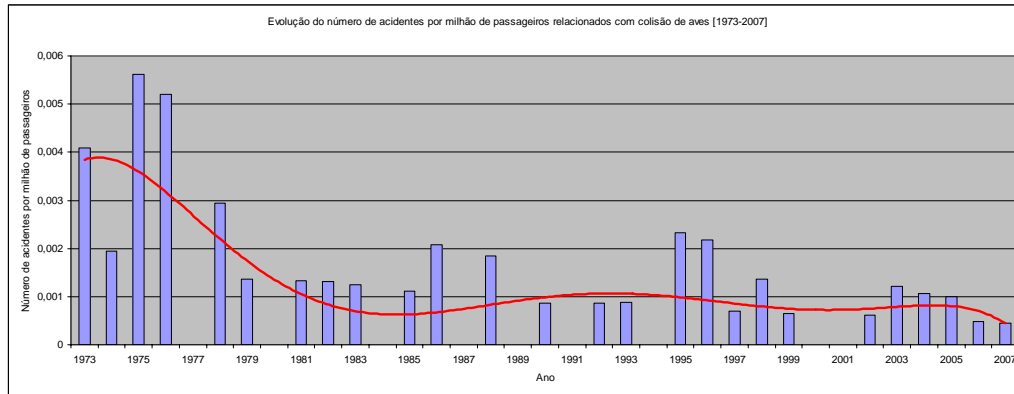


Figura 4.4.34: Evolução do número de acidentes por milhão de passageiros transportados relacionados com colisões de aves  
 Fonte: (própria)

Quando comparada a taxa de fatalidade entre as colisões de aeronaves e as colisões de aves rapidamente é perceptível que no último caso as hipóteses de sobrevivência são maiores.

É preciso referir, que os dados deste estudo fazem referência a acidentes e não incidentes. A colisão de uma ave num motor deixando-o inoperacional não é, segundo o anexo 13 da ICAO, considerado um acidente. Porém se esse impacto causar algo mais grave, então sim, será considerado acidente.

O facto de não existir tecnologia a bordo das aeronaves para afastar as aves não implica que as construtoras não se tenham esforçado em melhorar as componentes mais críticas da aeronave em caso de colisão. Exemplos disso são as aeronaves bimotoras a jacto, capazes de realizar a subida inicial apenas com um motor operacional, estes motores sofreram uma evolução enorme nos últimos anos tornando-se cada vez mais potentes e fiáveis. Hoje em dia simula-se todo o tipo de situações num motor, desde a sua destruição total (*Engine Blade Destruction Test*) até à ingestão de aves. As próprias estruturas das aeronaves foram reforçadas, como as janelas nos *cockpits* altamente resistentes (os modo de fabrico e os materiais usados são segredo industrial dos fabricantes). Estes desenvolvimentos foram criados de forma a minimizar os perigos existentes com as colisões de aves, o que têm conseguido. Contudo é necessário apurar novas estratégias para reduzir o número de acidentes.

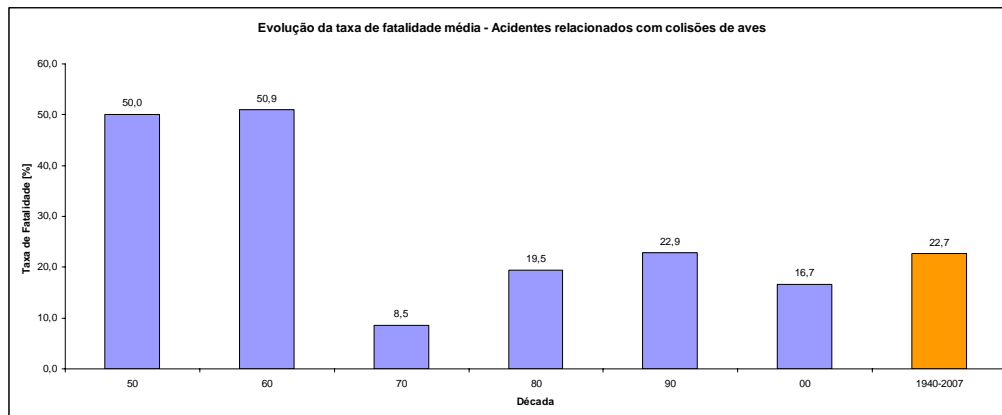


Figura 4.4.35: Evolução da taxa de fatalidade média de acidentes relacionados com colisões de aves  
 Fonte: (própria)

- Evolução de Acidentes Aéreos – Factores Externos

Os factores externos são considerados fenómenos exteriores às aeronaves que podem comprometer a aeronave e/ou as pessoas. À excepção das condições atmosféricas em voo, os factores externos podem ser: tempestades na fase de estacionamento, turbulência de esteira de outras aeronaves, e os FOD.

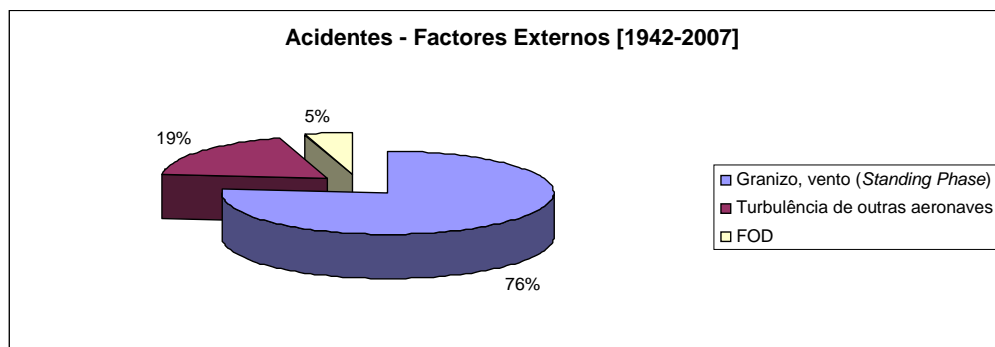


Figura 4.4.36: Acidentes relacionados com factores externos  
 Fonte: (própria)

Este estudo analisa unicamente as fases de voo propriamente ditas, por outras palavras, as fases compreendidas entre a descolagem e a aterragem. Significa portanto que nesta questão mais ênfase será dada à turbulência de esteira criada por outras aeronaves ao invés dos factores meteorológicos que criam problemas na fase em que as aeronaves se encontram estacionadas na placa.

Todas as aeronaves geram um par de vórtices rotacionais originados na ponta das asas (fig.4.4.37). Estes vórtices podem influenciar negativamente outras aeronaves podendo estas entrar em descontrolo. Estas situações acontecem

especialmente em áreas onde o tráfego aéreo é intenso e onde aeronaves de diferentes categorias (massa) operem (ex.: aeroportos importantes ou rotas muito usadas). Como tal, para evitar esses *encontros* existem distâncias de separação mínima de aeronaves durante as fases de decolagem, cruzeiro, aproximação e aterragem para assegurar que existe pouca ou nenhuma turbulência.

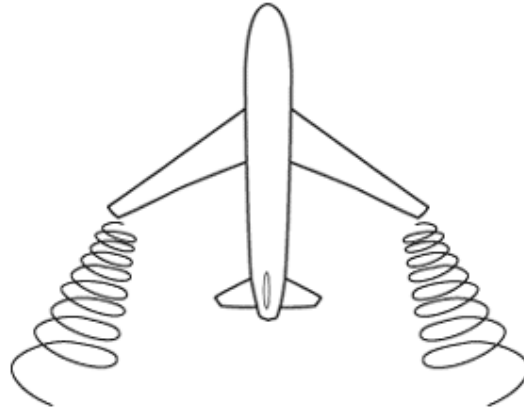


Figura 4.4.37: Vórtices  
*Fonte: Aviation Research (2008)*

Felizmente estes acidentes são raros, sendo que o último registado foi o acidente (já abordado) registado a 12 de Novembro de 2001 em Nova Iorque num Airbus A300. Este acidente nem teve como causa principal a turbulência de esteira, mas foi este fenómeno que causou a reacção excessiva do piloto.

Estes acidentes ocorrem maioritariamente nas fases mais delicadas das operações, aquelas em que a aeronave se encontra mais perto do solo deixando pouco tempo de recuperação em caso de alguma anomalia (ver fig.4.4.38). A taxa de fatalidade nestes acidentes geralmente é elevada, pois as aeronaves encontram-se por norma em condição descontrolada não deixando ao piloto muitas hipóteses de recuperação. Uma das medidas implementadas nas companhias aéreas para combater este tipo de acidentes foi a criação de cursos para os pilotos treinarem o restabelecimento do voo normal quando confrontados com atitudes não usuais da aeronave, de forma a que se familiarizassem com as exigências não só motoras como físicas que exige uma recuperação.

A tecnologia hoje em dia fornece ao piloto, nestas tarefas mais exigentes, as capacidades máximas da aeronave assegurando que todas as acções por ele executadas o sejam em segurança e com a máxima eficiência. Esta situação é

especialmente sentida em aeronaves cujo envelope de voo é protegido, e possuem sistemas que permitem evitar situações de perda aerodinâmica das aeronaves.

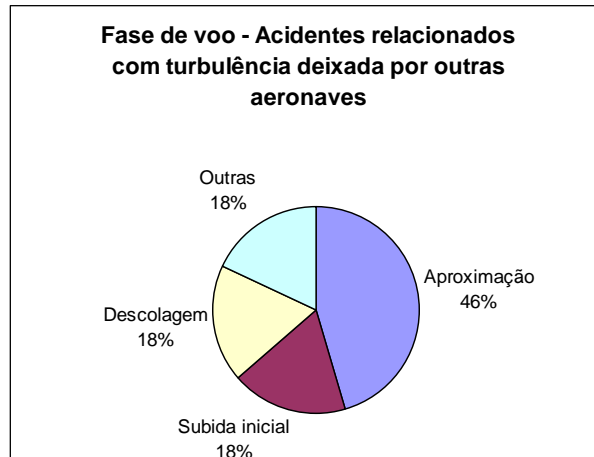


Figura 4.4.38: Evolução das ocorrências relacionadas com turbulência de esteira por fase de voo, 1942-2007  
Fonte: (própria)

- Evolução de Acidentes Aéreos – Condições Meteorológicas

O transporte aéreo é o modo de transporte mais rápido e mais seguro de todos. Longe vão os tempos em que voar era uma aventura perigosa dependente de aeronaves pouco sofisticadas e muito frágeis para enfrentar condições meteorológicas que, com muita frequência, eram adversas dadas à baixa altitude em que se operava. O avanço nas áreas dos materiais, propulsão e instrumentação permite actualmente voar evitando os riscos e incómodos das más condições atmosféricas. Mas estes avanços logicamente não impedem a ocorrência de acidentes relacionados com condições atmosféricas, como aqueles imputados ao gelo, à baixa visibilidade, à turbulência e ao *windshear*.

A criação de gelo em voo ou no solo nas componentes fundamentais da aeronave (asa, superfícies de voo, entradas de ar dos motores) já retirou muitas vidas através de inúmeros acidentes. Na verdade, devido à sua capacidade de sair completamente do cenário do acidente (particularmente se houver incêndio), o gelo pode estar por de trás de mais acidentes do que aqueles já conhecidos.

Este fenómeno é dos poucos capazes de comprometer as capacidades de voo duma aeronave num curto espaço de tempo. O congelamento estrutural pode alterar a forma do perfil alar, resultando num novo perfil que compromete as características

de projecto requeridas para a missão da aeronave (força de resistência, sustentação, etc.).

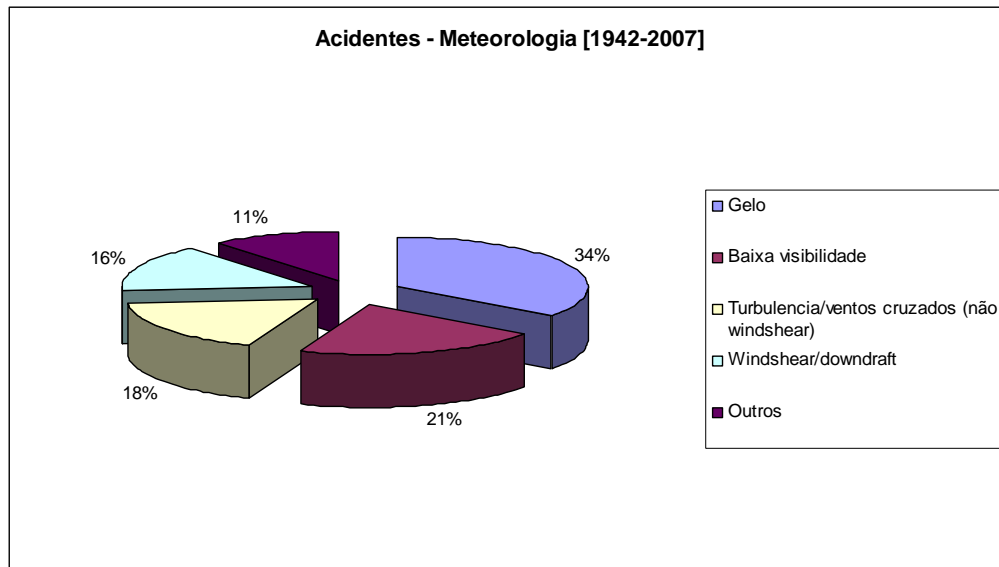


Figura 4.4.39: Acidentes relacionados com condições meteorológicas  
Fonte: (própria)

Para além de afectar o desempenho da aeronave, pode prejudicar também o seu controlo. A redução da efectividade das superfícies de controlo ou a alteração das suas características físicas, pode-se manifestar em movimentos anormais levando à perda de estabilidade da aeronave.

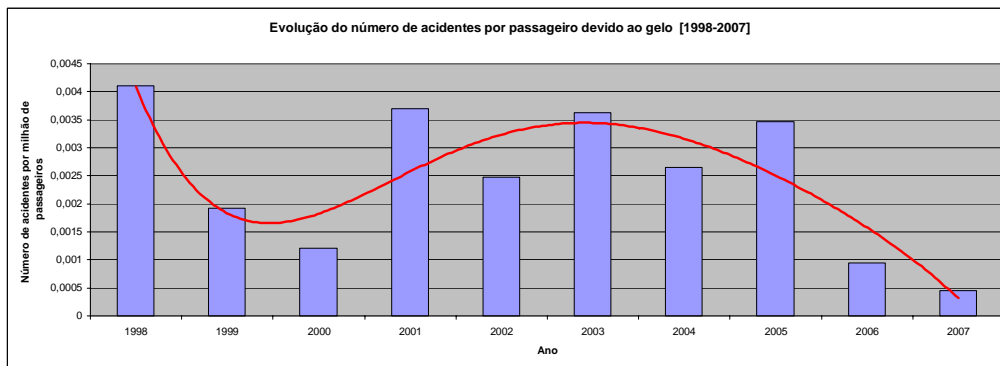


Figura 4.4.40: Evolução do número de acidentes por milhão de passageiros transportados relacionados com gelo  
Fonte: (própria)

Os acidentes causados pelo gelo nos últimos anos têm registado uma evolução instável. Como já foi referido anteriormente existe uma aeronave, Cessna 208, a que foi recomendado não operar em condições de gelo. Essa aeronave tem contribuído

significativamente para esta taxa continuar alta, sendo que no início do ano de 2006 a recomendação realizada pela *Flight Safety Foundation* provocou redução deste género de acidentes. Aliás essa mudança é observada pelos índices de acidentes obtidos no ano de 2006 e 2007, com uma franca melhoria (fig.4.4.40).

Tabela 4.4.8: Distribuição de ocorrências por tipo de motor relacionadas com gelo

Motor	1942-2007		1998-2007	
	Jacto	Hélice	Jacto	Hélice
Distribuição de Ocorrências	23%	77%	26%	74%

Fonte: (própria)

A grande maioria de acidentes ocorre em aeronaves turbo-hélice. Mais uma vez a justificação é a mesma, estas aeronaves não possuem as mesmas condições que as aeronaves a jacto têm, tanto a nível organizacional como tecnológico.

As aeronaves nos dias de hoje vêm equipadas com sistema anti-gelo, e em aeronaves de baixa velocidade é comum a utilização de capas protectoras em borracha nos bordos de ataque da asa e das empenagens. Quando o sistema é accionado pelo piloto, estas capas são automaticamente enchidas com ar provocando a quebra do gelo. Menos usual nas aeronaves de baixa velocidade, é encontrar sistemas de anti-gelo que esguicham líquidos anti-congelantes para as asas. Contudo este sistema já é mais habitual encontrar para o descongelamento das hélices, tal como aquecimento eléctrico. As aeronaves mais evoluídas (aeronaves a jacto) têm sistemas diferentes de anti-gelo, pois usam o calor produzido pelos motores canalizando-o para as superfícies críticas mantendo-as sempre em condições ideais. Estes sistemas em aeronaves modernas podem operar de forma autónoma, controlando automaticamente se necessário a activação dos sistemas.

Os acidentes causados pelas condições atmosféricas de baixa visibilidade estão associados, por exemplo, ao nevoeiro ou ao tecto baixo de nuvens. Apesar de muitos deles serem exemplos de acidentes de CFIT, existem casos que não o são. É necessário não confundir este tipo de acidentes com os acidentes de CFIT. Como prova está mais uma vez o acidente de Los Rodeos, onde devido ao intenso nevoeiro que se fazia sentir naquele dia os pilotos das aeronaves acabaram por não ter

contacto visual entre eles, tornando o nevoeiro uma das muitas causas que levaram ao acidente.

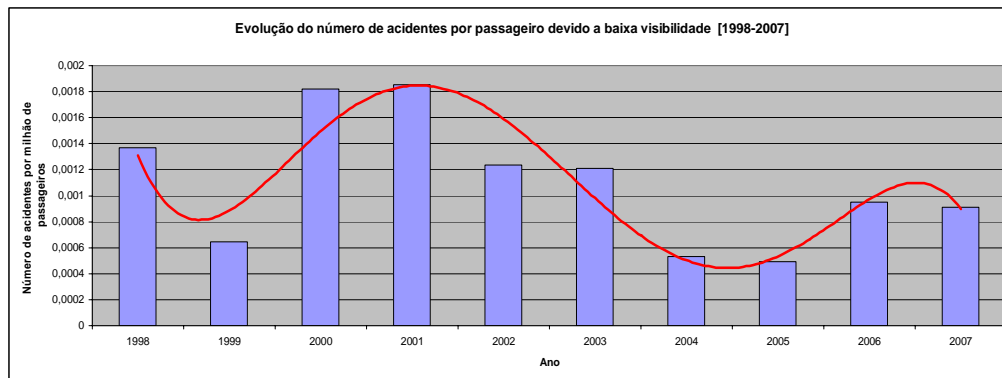


Figura 4.4.41: Evolução do número de acidentes por milhão de passageiros transportados relacionados com baixa visibilidade

Fonte: (própria)

Como se pode observar na figura 4.4.41 os acidentes causados pela baixa visibilidade têm sem dúvida uma evolução inconstante. Uma das tecnologias ligadas à prevenção deste tipo de acidentes acaba por ser a mesma que previne o CFIT, o EGPWS (conhecido nos Estados Unidos da América por TAWS). O GPWS, a tecnologia que equipou no início dos anos 80 as aeronaves comerciais, teve sem dúvida um enorme contributo para a redução destes acidentes, porém não os eliminou de vez. Esta tecnologia foi substituída pelo então EGPWS, uma versão melhorada que permite para além de alertar a tripulação da aproximação do terreno no plano vertical (única função do GPWS) avisa também a aproximação do terreno na linha horizontal do avião. Desde a sua introdução nas aeronaves, em 1996, não há registo de nenhum acidente de CFIT de aviões equipados com esta tecnologia (aviação comercial a jacto). Contudo o sector da aviação não pode estar sereno, este sistema depende de actualizações de *software* (gratuitas) e é preciso que os operadores tenham noção de quanto importante é realizá-las. A ausência de acidentes não implica a inexistência de incidentes. Em 2007 um Airbus A319 equipado com o EGPWS ao realizar uma aproximação com nevoeiro intenso foi *salvo* curiosamente por atingir linhas de alta de tensão. O embate alertou os pilotos que abortaram de imediato a aterragem. A tripulação estava demasiado confiante na tecnologia e não tinha conhecimento se a mesma tinha sido actualizada ou não.

Este tipo de ocorrências acontece maioritariamente a aeronaves pistão-hélice e turbo-hélice (tabela 4.4.9), possivelmente por estarem dotadas de menos tecnologia, ou tecnologia menos desenvolvida.

Tabela 4.4.9: Distribuição de ocorrências por tipo de motor relacionadas com baixa visibilidade

Motor	1942-2007		1998-2007	
	Jacto	Hélice	Jacto	Hélice
Distribuição de Ocorrências	27%	73%	37%	63%

Fonte: (própria)

No entanto, não significa que as aeronaves a jacto estejam a salvo destas ocorrências, sendo as consequências de um acidente numa aeronave desta mais grave.

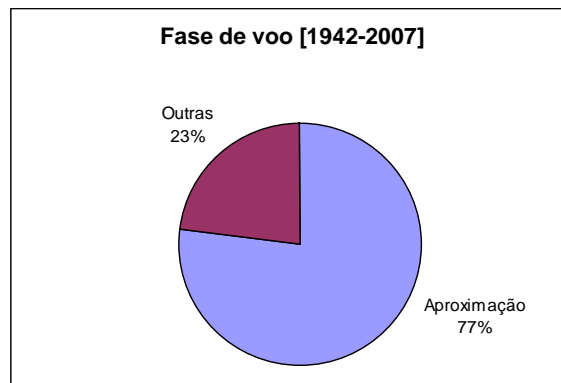


Figura 4.4.42: Evolução das ocorrências relacionadas com baixa visibilidade por fase de voo

Fonte: (própria)

Como é normal este tipo de acidentes acontece mais na fase de aproximação, pois esta é uma fase crítica em que os pilotos não têm escolha senão ter que aterrar. Para isso contam com os avanços tecnológicos e com as previsões meteorológicas realizadas no planeamento de voo, mas infelizmente os acidentes existem. Muitas vezes os pilotos pressionados para evitar os custos associados a um desvio para um aeroporto alternativo arriscam em aterrar no destino pretendido, e ao realizarem tentativas de aterragem correndo assim riscos.

Em conclusão, os acidentes de baixa visibilidade continuam a ocorrer. É errado pensar que não existe tecnologia disponível para resolver este problema. A aviação comercial a fim de melhorar os índices de segurança necessita de seguir a aviação de

transporte executiva. Este ramo dispõe nas suas aeronaves mais recentes sensores de infravermelhos (EVS) que permitem aos pilotos ver o que está à sua frente, estejam as condições que estiverem, noite, nevoeiro, fumo, etc.. Estas aeronaves possuem ecrãs LCD pelos quais os pilotos podem visualizar o ambiente à sua volta e evitar não só CFIT, mas também possíveis incursões de pista como as que aconteceram em *Los Rodeos* e *Linate*. Apesar dos aeroportos terem tecnologia como o radar de solo, a verdade é que esta tecnologia é dispendiosa, e aeroportos de mais pequena dimensão podem ter dificuldade em adquiri-la. Este sistema pode sem dúvida melhorar ainda mais a segurança aeronáutica, nomeadamente no que diz respeito aos acidentes relacionados com a baixa visibilidade por más condições atmosféricas. Tal como o radar meteorológico e os dispositivos tecnológicos de detecção de *windshear* deram o seu contributo na redução de acidentes a tecnologia EVS pode acrescentar algo mais na segurança das operações aéreas.

#### **4.5 Conclusão**

Como se pode constatar no estudo apresentado existe uma diminuição dos acidentes apesar do tráfego aéreo aumentar consideravelmente ano após ano.

É também evidente que a tecnologia tem um papel fundamental nesta redução de acidentes. Apesar de trazer novos problemas, a verdade é que solucionam mais do que os que criam. Contudo é preciso realçar a forma de como esta tecnologia é implementada na aviação, isto é, nas diferentes classes de aeronaves existe uma discrepância da quantidade e qualidade de tecnologia utilizada. As aeronaves comerciais a jacto (mais modernas) são as que têm ao seu dispor as últimas evoluções tecnológicas, e no extremo oposto estão as menos equipadas aeronaves turbo-hélice. A explicação poderia ser simples, visto que é nas aeronaves comerciais a jacto que o impacto de um acidente e a necessidade de englobar esta tecnologia é maior, porém as empresas que fornecem os aviónicos para estes aviões acabam por ser as mesmas que fornecem as aeronaves turbo-hélice. Estas empresas têm para oferecer aos clientes um vasto leque de produtos tecnológicos, no entanto, os operadores/construtores de aeronaves turbo-hélice acabam por escolher os produtos com menos qualidade devido ao seu baixo preço (quando realmente o fazem, porque subsistem casos que nem existe esse investimento). A evolução dos sistemas de informação trouxe capacidade de produção de sistemas leves e compactos, pelo que

começa a não ser desculpa as tradicionais dificuldades físicas (tamanho e peso) de alojar tecnologias em aeronaves turbo-hélice. É necessário alterar a cultura de segurança neste tipo de aviação de modo a torná-la mais segura, no mínimo ao mesmo nível da aviação a jacto.

Evidentemente, o tipo de tecnologia usada nas aeronaves não é o único contributo para os acidentes, pois existem variadíssimos factores nos quais se destacam os factores humanos e os organizacionais.

Um dado verificado neste estudo é o pouco esforço do ser humano em desenvolver medidas que possam resolver situações com tendência a acontecer frequentemente (especialmente incidentes), mas onde o grau de gravidade não é elevado como é o caso da colisão de aeronaves com aves. Actualmente estas ocorrências por significarem um risco menor à operação estão sujeitas à falta de interesse no estudo de novas medidas de prevenção, nomeadamente de novas tecnologias. É eliminando os pequenos incidentes que se podem evitar os acidentes (regra 1:600), como tal, é necessário não estagnar num ponto que parece óptimo e continuar a investigar novas soluções de modo a suprimir todas as ocorrências.

## Capítulo 5. Conclusões

### 5.1 Síntese da Dissertação

O sector aeronáutico é uma actividade onde o perigo está sempre presente, contudo a evolução tecnológica na segurança aérea proporcionou não só a realização das viagens de uma forma cada vez mais segura como também aumentou a eficiência das mesmas. A tecnologia providenciou aos humanos maior aptidão na arte de voar, capacidade de viajar mais longe e depressa, mas sobretudo conseguiu unir povos. Hoje a aviação tem um papel preponderante nas economias nacionais, vital para realização de negócios, transporte de carga, turismo, entre outros. Presentemente a tecnologia nas aeronaves facilita deslocações a locais anteriormente inalcançáveis, ou até voar com condições atmosféricas nunca antes possíveis de operar em segurança. Curiosamente esta mesma evolução ao eliminar alguns perigos existentes adicionou outros, sendo a relação Humano-Máquina e o crescimento de tráfego aéreo alguns dos principais factores de preocupação no que respeita à segurança aérea actualmente.

Nas últimas décadas a redução de custos das companhias aéreas marcou o desenvolvimento tecnológico, sendo que muita tecnologia criada especificamente para aumentar a segurança aérea foi rapidamente transformada para adicionar maior capacidade operacional às aeronaves.

Porém, o sector da aviação é o exemplo dentro dos meios de transporte: crescendo (quase) todos os anos a nível quantidade de passageiros e de carga transportada e diminuindo a sua taxa de acidentes. Para isso, muito contribui a organização das entidades reguladoras, construtoras e operadoras aéreas. Estas organizações sempre conscientes que a existência de ocorrências possam afectar a sua imagem e da aviação em geral, são exímias na utilização da ferramenta da Gestão de Risco. O processo da identificação, avaliação e minimização de situações potencialmente perigosas trouxe à aviação uma nova realidade, onde os pequenos detalhes (incidentes) começaram a ter grande importância para a prevenção de acidentes. É preciso também salientar que nem sempre esta filosofia resulta, não por estar mal concebida, mas pelo facto de alguns intervenientes não reconhecerem a

utilidade desta nova cultura de segurança na aviação. Este aspecto tem que ser continuamente combatido, de modo a eliminar todas as pequenas falhas existentes contribuidoras para a insegurança das operações aéreas.

Os programas de avaliação do comportamento humano são muito úteis para batalhar contra o que é actualmente a maior causa de acidentes aéreos, o erro humano. A tecnologia neste campo veio dar um contributo importante fornecendo equipamentos capazes, por exemplo, de registar acções efectuadas pelas tripulações de *cockpit* durante os voos. As informações daí obtidas são de elevada importância, visto que, permitem analisar atitudes que mais tarde poderão ser corrigidas com treinos e acções de formação.

Porém, a tecnologia não é perfeita e é necessário entender as suas limitações tal como a sua relação com o Humano. É essencial que estes dois elementos trabalhem em harmonia para o aumento da segurança aérea, daí o surgimento de projectos de aeronaves centradas no ser humano (*Human-Centered Design*). O conceito de tecnologia criada de auxílio ao humano para lutar contra as suas fraquezas é válido, contudo é o operador que deverá ter a flexibilidade necessária para que esta união seja a melhor possível. Neste sistema o ser humano tem um papel fundamental pois é este que possui a inteligência e a memória de experiências anteriores que possam ser úteis na resolução de eventuais ocorrências. A questão da confiança continuará a ser um assunto polémico nos próximos anos, pois a evolução tecnológica ainda se encontra relativamente longe de tornar as aeronaves independentes da intervenção humana. A tendência da aviação será cada vez mais a de automatizar as acções controladas pelo humano, e possivelmente, as primeiras aeronaves completamente autónomas aparecerão numa fase inicial no âmbito militar e só *à posteriori* na aviação civil.

Os índices de acidentes no sector da aviação demonstram resultados cada vez mais positivos. A investigação efectuada em novas tecnologias nos diferentes ramos da Engenharia Aeronáutica e não só, provou que realmente existe cada vez menos ocorrências em aeronaves devidamente equipadas. O estudo realizado neste trabalho prova que todo o investimento na segurança aérea não foi em vão, sendo que desde áreas como as estruturas e propulsão de aeronaves até às áreas como os factores humanos e condições meteorológicas, a tecnologia teve um papel fundamental para que a segurança da aviação continuasse a progredir tornando hoje a aviação como o meio de transporte mais seguro do mundo.

## 5.2 *Considerações Finais*

Como ficou demonstrado, a evolução tecnológica veio trazer maior segurança às operações aéreas, sendo os pilotos e passageiros os grupos mais beneficiados com este progresso. Após alguns anos conturbados de difícil adaptação ao novo nível de automação existente nas aeronaves, os pilotos foram estimulados a entenderem o *design* da máquina que tinham em mãos obrigando-os a mudar a sua mentalidade e atitude perante as novas tecnologias. Um outro factor muito importante para este sucesso foi o investimento por parte das companhias na formação e treino das tripulações de *cockpit*, de forma a prepara-las a enfrentar situações anormais com as quais não estavam habituadas a lidar todos os dias.

No entanto nem todas as companhias aéreas são iguais, e existem aquelas onde a segurança de voo é realmente um factor a ter em conta nas suas políticas de funcionamento e gestão, e outras onde infelizmente o modelo de segurança de voo unicamente obedece aos mínimos exigidos pelas normas internacionais. Neste último tipo de empresas, muitos dos problemas ocorrem ao mais alto nível, isto é, ao dos órgãos de gestão. Se os gestores tiverem dificuldade em ver os benefícios dos investimentos realizados na área de segurança de voo, isso pode leva-los a uma atitude menos positiva. É necessário que as pessoas de este estatuto tenham sensibilização e conhecimento do quão importante é manter a segurança aérea, de maneira a não correrem riscos desnecessários. É preciso que as companhias aéreas desenvolvam esforços de modo a não só implementar programas que visem melhorar a segurança aérea, mas também avaliar a sua efectividade.

As entidades reguladoras têm desempenhado um papel muito positivo na promoção da segurança aérea. As medidas criadas, na sua maioria, demonstram ser eficazes na prevenção de acidentes. Contudo, os reguladores deverão ter ainda maior atenção na supervisão das recomendações efectuadas, sobre pena de não serem cumpridas. Estas organizações necessariamente terão que ser mais dinâmicas no estudo de acidentes/incidentes. É do interesse geral uma maior celeridade e organização na resolução de anomalias de forma a não incorrer em riscos, tal como uma melhor e eficiente difusão de informação nos canais de comunicação, nomeadamente a *Internet*. No estudo realizado cujo único objectivo era apurar o papel da tecnologia na segurança aérea, que interessa a todos e sem reservas, foi patente a dificuldade de acesso a informações em organismos oficiais.

Por último, uma referência às construtoras e empresas de equipamentos de aeronaves. No estudo apresentado foi evidente a supremacia de segurança das aeronaves comerciais a jacto em relação às propulsionadas com motores turbo-hélice. Evidentemente, não se aconselha o relaxamento na prevenção de acidentes/incidentes no tipo de aeronaves mais seguras, recomenda-se sim, é que a indústria de aeronaves comerciais turbo-hélice melhore os seus registos de segurança de modo a aproximarem-se dos índices de segurança das aeronaves comerciais a jacto. Por conseguinte, é necessário que construtoras deste tipo de aeronaves tal como os fabricantes de aviónicos se unam de modo a equipar estas aeronaves com as tecnologias mais recentes, que indirectamente vão obrigar os operadores destas aeronaves a tornarem-se mais profissionais na sua operação. Se o objectivo é reduzir o número de acidentes, é preciso não esquecer que este ramo da aviação tem manifestado problemas a nível de segurança de voo; logo é necessário investir também neste tipo de aeronaves.

### ***5.3 Perspectivas de Investigação Futura***

Perspectivas futuras deveriam examinar mais a fundo o trabalho realizado nesta dissertação.

A nível organizacional, seria interessante comparar os registos de acidentes/incidentes das entidades aeronáuticas civis nacionais com os existentes na base de dados da ICAO. O objectivo desse estudo seria avaliar a qualidade que as organizações nacionais têm na divulgação das lições aprendidas (*lessons learned*) de modo a que situações do género não se repitam novamente noutros Estados.

Outro estudo a ter em conta seria a análise da efectividade das recomendações criadas pelos gabinetes de investigação de acidentes de voo. Por norma estes gabinetes após um incidente ou acidente aéreo divulgam relatórios nos quais advertem para os potenciais perigos existentes. Identificados os perigos é questionável se estes foram combatidos, logo é de elevada importância que seja efectuado um estudo para examinar até que ponto essas recomendações são levadas a *bom porto* em nome da segurança de voo.

Ainda ao nível organizativo seria importante analisar a cultura de segurança das companhias aéreas portuguesas, isto é, investigando o trabalho efectuado na prevenção de acidentes. Um ponto a ter em consideração, por exemplo, seria a

capacidade de resposta por parte dos departamentos de segurança das operadoras às participações voluntárias de incidentes/acidentes realizadas pelos pilotos. Evidentemente, este trabalho não é fácil de efectuar devido à habitual protecção de dados que as companhias têm para com a sua imagem. Contudo é identificando os erros que se melhora, isto porque, não existe nenhuma organização na área aeronáutica imune ao erro.

No ramo tecnológico, ao contrário do que se possa pensar, ainda persistem situações que não foram completamente resolvidas, e os casos de colisões com aves são um exemplo. A tecnologia ainda não foi capaz de dar uma resposta próxima dos 100% de eficácia a ocorrências deste género. Se o acto de voar há 200 anos era considerado impossível para alguns, de certo que o ser humano não pode rejeitar à partida que a colisão com aves seja um problema que não possa ser totalmente resolvido. Nos últimos anos têm sido desencadeados esforços para reduzir a gravidade destas ocorrências, no entanto algo mais é desejável. Os riscos existentes em vez de serem reduzidos deverão ser eliminados, para que se possa entrar num novo patamar de segurança aérea neste tipo de ocorrências.

Por fim, outra área interessante de investigação seria aperfeiçoar ou criar novos equipamentos que previnam simultaneamente incursões de pista, tal como, os acidentes de CFIT. Ambos estão normalmente associados a uma condição de voo realizada a baixa visibilidade, seja por voo nocturno ou por condições meteorológicas adversas. Apesar de já existir tecnologia para prevenção destes acidentes, esta é ainda muito recente e alguma até pouco eficaz. Como tal, é uma área em franca expansão que ainda pode contribuir muito para o aumento da segurança na aviação.

## Bibliografia

- Air Accidents Investigation Branch (2005), *Report on the serious incident to Airbus A319-131, registration G-EUOB, during the climb after departure from London Heathrow Airport on 22 October 2005*, Aldershot, Air Accidents Investigation Branch.
- Airbus (1999), *A330 Flight deck and systems briefing for pilots*, Blagnac Cedex, Airbus S.A.S..
- Airbus (2001), *Less Paper in the Cockpit*, Blagnac Cedex, Airbus S.A.S..
- Airbus (2006), *Flight Operational Commonality*, Blagnac Cedex, Airbus S.A.S..
- Airbus (2007), *Flying by Nature-Global Market Forecast 2007 – 2026*, Blagnac Cedex, Airbus S.A.S..
- Airbus (2008), *A380 Flight deck and systems briefing for pilots*, Blagnac Cedex, Airbus S.A.S..
- Almeida, F. (1995), *O Segredo de Voar Bem*, São Paulo, AERO Magazine
- Baberg, T. (2001), Man-machine-interface in modern transport systems from an aviation safety perspective, *Aerospace Science and Technology*, 5 (2001), 495-504.
- Ballesteros, J. (2007), *Improving Air Safety through Organizational Learning: Consequences of a Technology- led model*, Aldershot, Ashgate Pub Co..
- Band, P. (1988), Fly-by-wire controls: The new airlines standard, *ICAO Journal*, 43 (03), 19-29.
- Beck, U. (2002), *La Sociedad Del riesgo Global*, Madrid, Siglo XXI.
- Belai, H. (1994), Design of automated aviation systems should be based on a human-centred approach, *ICAO Journal*, 49 (10), 10-12.
- Binnema, G. (2005), The effect of accident report formats on invulnerability and hindsight bias, *Human Factors and Aerospace Safety*, 5 (4), 295-308.
- Blomberg, R. e J. Speyer (1988), Fly-by-wire by performance analysis, *FAST – Airbus Technical Digest*, 9, 28-30.
- Boeing Commercial Airplanes (2007a), *Statistical Summary of Commercial Jet Airplanes Accidents Worldwide Operations 1959 – 2006*, Seattle, Boeing.

- Boeing Commercial Airplanes (2007b), *Current Market Outlook 2007*, Seattle, Boeing.
- Brière, D. (2001), Overview on airbus Fly-by-wire Status, *Air & Space Europe*, 3 (3), 178-179.
- Campos, L. (2001), On the competition between Airbus and Boeing, *Air & Space Europe*, 3 (1/2), 11-14.
- Clark, P. e A. Quet (2001), LROPS a safe operations environment for long range operations, *FAST – Airbus Technical Digest*, 28, 2-7.
- Cleasby, C. (2004), *Traffic Growth Today*, Brussels, Eurocontrol.
- Conselho da União Europeia (1994), *Directiva 94/56/CE do Conselho da União Europeia*, Bruxelas, União Europeia
- Corrie, S. (1994), Potential growth in air travel demands renewed effort to improve safety record, *ICAO Journal*, 49 (10), 7-9.
- Courville, B. (2003), Credible data about events and trends crucial to safety department's initiatives, *ICAO Journal*, 58 (01) 8-9; 28.
- Dhillon, B. e Y. Liu (2006), Human error in maintenance: a review; *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12 (01), 21-36.
- Doganis, R. (1991), *Flying off Course: The Economics of International Airlines*, London and New York, Routledge.
- Donham, B. (2000), Electromagnetic interference from passenger-carried portable electronic devices, *Aeromazine Boeing*, 10, 13-19.
- Ekstrand, C. (1993), ETOPS operators have compiled an impressive safety record over the past eight years, *ICAO Journal*, 48 (09), 19-22.
- Ekstrand, C. (2007), The New FAA ETOPS Rule, *Aeromazine Boeing*, 4.07, 7-14.
- Eurocontrol (2007), *Air traffic safety fact sheet*, Brussels, Eurocontrol
- FAA Human Factors Team (1996), *The interfaces between flightcrews and modern flight deck systems*, Washington, Federal Aviation Administration
- Foreman, P. (1996), A potential boon for the pilot, many current automated systems produce unwanted complexity, *ICAO Journal*, 51 (05), 15-19.
- Garcia, M. e M. Aguinaliu (2003), Análisis de la Siniestralidad Aérea por Causa Meteorológica (1970-1999), *Investigaciones Geográficas*, 30 (01), 7-25.

- Graeber, G. (1999), The role of human factors in improving aviation safety, *Aeromazine Boeing*, 8, 23-31.
- Green, S. (1997), Icing problem is a serious threat for which the best solutions may be years away, *ICAO Journal*, 52 (01), 5-8.
- Hanke, D. e C. Herbst (1999), Active Sidestick Technology – a means for improving situational awareness, *Airspace Science and Technology*, 3, 525-532.
- Heijl, M. (1990), More Cruising level expected at higher altitudes, *ICAO Journal*, 45 (01), 11-13.
- Hollnagel, E. (2004), *Barriers and Accident Prevention*, Hampshire, Ashgate Publishing Ltd.
- ICAO (2001), *Annex 13 – Aircraft Accident and Incident Investigation*, Montreal, ICAO.
- ICAO (2006a), *Safety Management Manual (SMM)*, Montreal, ICAO.
- ICAO (2006b), *Phase of flight definitions and usage notes*, Montreal, ICAO.
- ICAO Journal (1981), *Development of world scheduled revenue traffic – total services, 1971 – 1980*, Montreal, ICAO.
- ICAO Journal (1990), *Growth of scheduled air traffic continued in 1989*, Montreal, ICAO.
- ICAO Journal (1996), *Annual Civil Aviation Report 1995*, Montreal, ICAO.
- ICAO Journal (1997), *Annual Civil Aviation Report 1996*, Montreal, ICAO.
- ICAO Journal (1998), *Annual Civil Aviation Report 1997*, Montreal, ICAO.
- ICAO Journal (1999), *Annual Civil Aviation Report 1998*, Montreal, ICAO.
- ICAO Journal (2000), *Annual Civil Aviation Report 1999*, Montreal, ICAO.
- ICAO Journal (2001), *Annual Civil Aviation Report 2000*, Montreal, ICAO.
- ICAO Journal (2002), *Annual Civil Aviation Report 2001*, Montreal, ICAO.
- ICAO Journal (2003), *Annual Civil Aviation Report 2002*, Montreal, ICAO.
- ICAO Journal (2004), *Annual Civil Aviation Report 2003*, Montreal, ICAO.
- ICAO Journal (2005), *Annual Civil Aviation Report 2004*, Montreal, ICAO.
- ICAO Journal (2006), *Annual Civil Aviation Report 2005*, Montreal, ICAO.
- ICAO Journal (2007), *Performance Indicators*, Montreal, ICAO.
- ICAO, *Buoyancy in Airlines Traffic continues in 2007*, Montreal, ICAO.
- International Bird Strike Committee (2006), *Recommended Practises n°1*, Amsterdam, International Bird Strike Committee.

- Kerr, J. (2004), EVS technology offers improved situational awareness around airports, *ICAO Journal*, 59 (02), 15-17.
- Krahe, C. (1996), Airbus fly-by-wire aircraft at a glance, *FAST – Airbus Technical Digest*, 20, 2-9.
- Lacagnina, M., W. Rosenkrans e L. Werfelman, (2006), Investigators Urge Restrictions On Cessna 208 Icing Operations, *Flight Safety Foundation Accident Prevention*, 63 (02).
- Luckner, R., G. Höhne e M. Fuhrman (2004), Hazard criteria for wake vortex encounters during approach, *Aerospace Science and Technology*, 8 (2004), 673-687.
- Menard, D., L. Chan-Kam-Fai, E. Lesage e B. Dahan (2000), The Airbus "Less Paper in the Cockpit" concept - A modern approach to cockpit information management, *FAST – Airbus Technical Digest* 27, 15-27.
- National Transportation Safety Board (2004), *Aircraft Accident Report - In-Flight Separation of Vertical Stabilizer American Airlines Flight 587 Airbus Industrie A300-605R, N14053 Belle Harbor, New York November 12, 2001*, Washington, NTSB.
- Pandey, M. e B. Smith (1998), ETOPS EXPANSION, *Aeromazine Boeing*, 4, 2-10.
- Perrow, C. (1999), *Normal Accidents*, New Jersey, Princeton University Press.
- Quet, A. (1994), ETOPS, accelerated ETOPS for the 330, *FAST – Airbus Technical Digest*, 16, 20-23.
- Slatter, R., (2007), While CFIT record has improved markedly, certain issues have also come to light, *ICAO Journal*, 62 (02), 13-15.
- Sprunton, D. (1998), A number of safety issues related to flight deck technology require our urgent attention, *ICAO Journal*, 53 (08), 9-10.
- Tang, H. (2006), Adoption of navigation Technologies Five historical and contemporary cases, *Technological Forecasting & Social Change*, 73, 845-859.
- Tarnowski, E. (1998), Training philosophy for protected aircraft in emergency situations, *FAST – Airbus Technical Digest*, 23, 2-9.
- Tarnowski, E. (1999), Understanding design philosophy can help pilots benefit from modern automated flight systems, *ICAO Journal*, 54 (09), 22-24; 28-29.

- Thomas, G. (1992), New Airbus Industries Airlines on Course for Long- Haul Era, *ICAO Journal*, 47 (01),4-7.
- USAirways (2003), Newly implemented line operations safety audit produces valuable data for air carrier, *ICAO Journal*, 58 (01) 11-12; 28-29.
- Vadrot, R. (1998), Aircraft family concept simplifies conversion training and reduces fleet operating costs, *ICAO Journal*, 53 (4), 16-17.
- Vadrot, R., G. van Dijk e C. Aubry, (2003), Airbus Flight operational Commonality in action, *FAST – Airbus Technical Digest*, 32, 9-16.
- Wells, A (1996), *Airport Planning & Management*, New York, McGraw-Hill.
- Wharton, J. (1981), Instrument Landing Systems – What do they mean in terms of airport community development? , *ICAO Journal*, 36 (03), 20-23.
- White House Commission on Aviation Safety and Security (1997), *Final report to President Clinton*, Washington, U.S. Department of Transportation.
- White, J. (2006), *Review of Portable Electronic Devices*, Washington, Air Transport Association.

Sites de Internet:

- Air France and Onair launch the first full mobile phone service on board a commercial aircraft;  
[http://www.onair.aero/admin/fil/02\\_April\\_AF\\_OnAir\\_voice.pdf](http://www.onair.aero/admin/fil/02_April_AF_OnAir_voice.pdf);  
Último acesso em 29 de Abril de 2008.
- Aviation Research;  
<http://virtualskies.arc.nasa.gov/research/tutorial/avoss.html>;  
Último acesso em 5 de Maio de 2008.
- Aviation Safety Network Database;  
<http://aviation-safety.net/database/>;  
Último acesso em 15 de Junho de 2008.
- Concorde Accident;  
<http://www.concordesst.com>;  
Último acesso em 24 de Março de 2008.
- Court upholds 5 convictions in Italian air crash;  
<http://www.reuters.com/article/latestCrisis/idUSL20448089>;

Último acesso em 5 de Maio de 2008.

- Estatísticas de acidentes aéreos;  
<http://www.airdisaster.com/statistics>;  
Último acesso em 24 de Março de 2008.
- Great Circle Mapper;  
<http://gc.kls2.com/>;  
Último acesso em 15 de Abril de 2008.
- Mobile phone use backed on planes;  
<http://news.bbc.co.uk/1/hi/technology/7050576.stm>;  
Último acesso em 29 de Abril de 2008.
- Proibido no Interior do Avião;  
<http://www.flytap.com/Portugal/pt/VoarConnosco/ABordo/ProibidoNoInteriorDoAviao>;  
Último acesso em 29 de Abril de 2008.

## **Anexos**

**Anexo A – Capítulo 1 do Anexo 13 da ICAO**  
*(Annex 13 – Aircraft Accident and Incident Investigation, 2001)*

When the following terms are used in the Standards and Recommended Practices for Aircraft Accident and Incident Investigation, they have the following meaning:

*Accident.* An occurrence associated with the operation of an aircraft which takes place between the time any person boards the aircraft with the intention of flight until such time as all such persons have disembarked, in which:

a) a person is fatally or seriously injured as a result of:

- being in the aircraft, or
- direct contact with any part of the aircraft, including parts which have become detached from the aircraft, or
- direct exposure to jet blast,

*except* when the injuries are from natural causes, self-inflicted or inflicted by other persons, or when the injuries are to stowaways hiding outside the areas normally available to the passengers and crew; or

b) the aircraft sustains damage or structural failure which:

- adversely affects the structural strength, performance or flight characteristics of the aircraft, and
- would normally require major repair or replacement of the affected component, *except* for engine failure or damage, when the damage is limited to the engine, its cowlings or accessories; or for damage limited to propellers, wing tips, antennas, tires, brakes, fairings, small dents or puncture holes in the aircraft skin; or

c) the aircraft is missing or is completely inaccessible.

*Note 1.— For statistical uniformity only, an injury resulting in death within thirty days of the date of the accident is classified as a fatal injury by ICAO.*

*Note 2. — An aircraft is considered to be missing when the official search has been terminated and the wreckage has not been located.*

*Accredited representative.* A person designated by a State, on the basis of his or her qualifications, for the purpose of participating in an investigation conducted by another State.

*Adviser.* A person appointed by a State, on the basis of his or her qualifications, for the purpose of assisting its accredited representative in an investigation.

*Aircraft.* Any machine that can derive support in the atmosphere from the reactions of the air other than the reactions of the air against the earth's surface.

*Causes.* Actions, omissions, events, conditions, or a combination thereof, which led to the accident or incident.

*Flight recorder.* Any type of recorder installed in the aircraft for the purpose of complementing accident/incident investigation.

*Note.— See Annex 6, Parts I, II and III, for specifications relating to flight recorders.*

*Incident.* An occurrence, other than an accident, associated with the operation of an aircraft which affects or could affect the safety of operation.

*Note. — The types of incidents which are of main interest to the International Civil Aviation Organization for accident prevention studies are listed in the Accident/Incident Reporting Manual (Doc 9156).*

*Investigation.* A process conducted for the purpose of accident prevention which includes the gathering and analysis of information, the drawing of conclusions,

including the determination of causes and, when appropriate, the making of safety recommendations.

*Investigator-in-charge.* A person charged, on the basis of his or her qualifications, with the responsibility for the organization, conduct and control of an investigation.

Note.— Nothing in the above definition is intended to preclude the functions of an investigator-in-charge being assigned to a commission or other body.

*Maximum mass.* Maximum certificated take-off mass.

*Operator.* A person, organization or enterprise engaged in or offering to engage in an aircraft operation.

*Preliminary Report.* The communication used for the prompt dissemination of data obtained during the early stages of the investigation.

*Safety recommendation.* A proposal of the accident investigation authority of the State conducting the investigation, based on information derived from the investigation, made with the intention of preventing accidents or incidents.

*Serious incident.* An incident involving circumstances indicating that an accident nearly occurred.

*Note 1. — The difference between an accident and a serious incident lies only in the result.*

*Note 2. — Examples of serious incidents can be found in Attachment C of Annex 13 and in the Accident/Incident Reporting Manual (Doc 9156).*

*Serious injury.* An injury which is sustained by a person in an accident and which:

a) requires hospitalization for more than 48 hours, commencing within seven days from the date the injury was received; or

b) results in a fracture of any bone (except simple fractures of fingers, toes or nose);  
or

c) involves lacerations which cause severe haemorrhage, nerve, muscle or tendon damage; or

d) involves injury to any internal organ; or

e) involves second or third degree burns, or any burns affecting more than 5 per cent of the body surface; or

f) involves verified exposure to infectious substances or injurious radiation.

*State of Design.* The State having jurisdiction over the organization responsible for the type *design*.

*State of Manufacture.* The State having jurisdiction over the organization responsible for the final assembly of the aircraft.

*State of Occurrence.* The State in the territory of which an accident or incident occurs.

*State of the Operator.* The State in which the operator's principal place of business is located or, if there is no such place of business, the operator's permanent residence.

*State of Registry.* The State on whose register the aircraft is entered.

*Note.* — *In the case of the registration of aircraft of an international operating agency on other than a national basis, the States constituting the agency are jointly and severally bound to assume the obligations which, under the Chicago Convention, attach to a State of Registry. See, in this regard, the Council Resolution of 14 December 1967 on Nationality and Registration of Aircraft Operated by International Operating Agencies which can be found in Policy and Guidance Material on the Economic Regulation of International Air Transport (Doc 9587).*

## Anexo B – Lista de Aeronaves

<b>Aeronave</b>	<b>Motor</b>	<b>Primeiro voo</b>
Aérospatiale SN.601 Corvette	jacto (2)	1970
Aérospatiale/Aeritalia ATR-42	turbohélice (2)	1984
Aérospatiale/Aeritalia ATR-72	turbohélice (2)	1988
Airbus A.300	jacto (2)	1972
Airbus A.310	jacto (2)	1982
Airbus A.319/320/321	jacto (2)	1987
Airbus A.330	jacto (2)	1992
Airbus A.340	jacto (4)	1991
Airspeed AS.57 Ambassador	pistão (2)	1947
Alenia G-222	turbohélice (2)	1970
Antonov 10	turbohélice (4)	1957
Antonov 12	turbohélice (4)	1958
Antonov 124	jacto (4)	1982
Antonov 140	turbohélice (2)	1997
Antonov 2	pistão (1)	1947
Antonov 22	turbohélice (4)	1965
Antonov 225	jacto (6)	1988
Antonov 24	turbohélice (2)	1959
Antonov 26	turbohélice (2)	1968
Antonov 28 / PZL M-28	turbohélice (2)	1969
Antonov 30	turbohélice (2)	1974
Antonov 32	turbohélice (2)	1976
Antonov 38	turbohélice (2)	1994
Antonov 70	turbohélice (2)	1994
Antonov 72 / 74	jacto (2)	1977
Antonov 8	turbohélice (2)	1955
Armstrong Whitworth Argosy	turbohélice (4)	1959
Avia 14	pistão (2)	1956
Aviation Traders ATL-98 Carvair	pistão (4)	1961
Avro 685 York	pistão (4)	1942
Avro 688/9 Tudor	pistão (4)	1945
Avro 691 Lancastrian	pistão (4)	1941
Avro Shackleton	pistão (4)	1949
Baade 152	jacto (4)	1958
BAC One-Eleven	jacto (2)	1963
BAC/Aérospatiale Concorde	jacto (4)	1969
Beechcraft 1900	turbohélice (2)	1982
Beechcraft 99	turbohélice (2)	1966
Beechcraft Beechjet 400	jacto (2)	1985

Blackburn Beverley	pistão (4)	1950
Boeing 314	pistão (4)	1938
Boeing 377 Stratocruiser	pistão (4)	1947
Boeing 707	jacto (4)	1954
Boeing 717	jacto (2)	1998
Boeing 720	jacto (4)	1959
Boeing 727	jacto (3)	1963
Boeing 737	jacto (2)	1967
Boeing 747	jacto (4)	1969
Boeing 757	jacto (2)	1982
Boeing 767	jacto (2)	1981
Boeing 777	jacto (2)	1994
Boeing C-135	jacto (4)	1961
Boeing C-97 Stratofreighter	pistão (4)	1944
Boeing S.307 Stratoliner	pistão (4)	1938
Breguet 1150 Atlantic	turbohélice (2)	1961
Breguet Br.763 Provence	pistão (4)	1949
Bristol 170	pistão (2)	1945
Bristol 175 Britannia	turbohélice (4)	1952
British Aerospace ATP	turbohélice (2)	1986
British Aerospace BAe- 125	jacto (2)	1977
British Aerospace BAe- 146	jacto (4)	1981
British Aerospace Jetstream 31	turbohélice (2)	1980
British Aerospace Jetstream 41	turbohélice (2)	1991
Budd C-93 Conestoga	pistão (2)	1943
Canadair Argonaut / North Star	pistão (4)	1946
Canadair CL-215	pistão (2)	1967
Canadair CL-415	turbohélice (2)	1993
Canadair CL-44/CC-106	turbohélice (4)	1959
Canadair CL-600	jacto (2)	1978
Challenger		
Canadair CP-107 Argus	turbohélice (4)	1957
Canadair RJ100 / 200 / 700	jacto (2)	1991
CASA/Nurtanio 212 Aviocar	turbohélice (2)	1971
CASA/Nurtanio CN.235	turbohélice (2)	1983
Cessna 208 Caravan 1	turbohélice (1)	1982
Cessna 500 Citation I	jacto (2)	1971
Cessna 501 Citation I/SP	jacto (2)	1977
Cessna 510 Citation Mustang	jacto (2)	2005
Cessna 525 CitationJet	jacto (2)	1991
Cessna 550 Citation Bravo	jacto (2)	1995

Cessna 550 Citation II	jacto (2)	1977
Cessna 551 Citation II/SP	jacto (2)	1984
Cessna 560 Citation Excel	jacto (2)	1994
Cessna 560 Citation V	jacto (2)	1987
Cessna 650 Citation III	jacto (2)	1991
Cessna 650 Citation VII	jacto (2)	1991
Cessna 680 Citation Sovereign	jacto (2)	2002
Cessna 750 Citation X	jacto (2)	1993
Cessna S550 Citation S/II	jacto (2)	1984
Consolidated Liberator	pistão (4)	1939
Consolidated PB4Y-2 Privateer	pistão (4)	1943
Consolidated PBY-5A Catalina	pistão (2)	1941
Convair CV-240 / T-29 / C-131A	pistão (2)	1946
Convair CV-340/440	pistão (2)	1951
Convair CV-580	turbohélice (2)	1954
Convair CV-600	turbohélice (2)	1965
Convair CV-640	turbohélice (2)	1965
Convair CV-880	jacto (4)	1959
Convair CV-990	jacto (4)	1961
Curtiss C-46	pistão (2)	1940
Dassault Falcon 10	jacto (2)	1970
Dassault Falcon 20	jacto (2)	1963
Dassault Falcon 50	jacto (3)	1976
Dassault Falcon 900	jacto (3)	1984
Dassault Mercure	jacto (2)	1971
de Havilland Canada DHC-3 Otter	pistão (1)	1951
de Havilland Canada DHC-4 Caribou	pistão (2)	1958
de Havilland Canada DHC-5 Buffalo	turbohélice (2)	1964
de Havilland Canada DHC-6 Twin Otter	turbohélice (2)	1965
de Havilland Canada DHC-7	turbohélice (4)	1975
de Havilland Canada DHC-8	turbohélice (2)	1983
de Havilland DH-106 Comet	jacto (4)	1949
de Havilland DH-114 Heron	pistão (4)	1950
de Havilland DH-125	jacto (2)	1962
de Havilland DH-86 Express	pistão (4)	1934
Dornier Do-228	turbohélice (2)	1981
Dornier Do-328	turbohélice (2)	1991

Dornier Do-328JET	jacto (2)	1998
Douglas C-124	pistão (4)	1949
Globemaster		
Douglas C-133	turbohélice (4)	1956
Cargomaster		
Douglas C-74	pistão (4)	1945
Globemaster I		
Douglas DC-2	pistão (2)	1934
Douglas DC-3/C-	pistão (2)	1935
47/R4/C- 53/Li-2		
Douglas DC-4/C- 54/R5	pistão (4)	1938
Douglas DC-6/C-118/R6	pistão (4)	1946
Douglas DC-7	pistão (4)	1953
Embraer 110 Bandeirante	turbohélice (2)	1968
Embraer 120 Brasília	turbohélice (2)	1983
Embraer ERJ-135/140/145	jacto (2)	1995
Embraer ERJ-170/190	jacto (2)	2002
Excel-Jet Sport-Jet	jacto (2)	2006
Fairchild C-119 Flying	pistão (2)	1947
Boxcar		
Fairchild C-123 Provider	pistão (2)	1949
Fairchild C-82 Packet	pistão (2)	1944
Fairchild F-27	turbohélice (2)	1958
Fairchild FH-227	turbohélice (2)	1966
Fiat G.212	pistão (3)	1947
Focke-Wulf FW.200	pistão (4)	1937
Condor		
Fokker 100	jacto (2)	1986
Fokker 50	turbohélice (2)	1987
Fokker 70	jacto (2)	1993
Fokker F.XII	pistão (3)	1930
Fokker F-27 Friendship	turbohélice (2)	1955
Fokker F-28 Fellowship	jacto (2)	1967
Ford AT-5 Tri-Motor	pistão (3)	1926
GAF Nomad	turbohélice (2)	1971
Grob SPn	jacto (2)	2005
Grumman G-159	turbohélice (2)	1958
Gulfstream I		
Grumman G-73T Turbo	turbohélice (2)	1969
Mallard		
Gulfstream Aerospace G-	jacto (2)	1966
1159 Gulfstream		
Handley Page Hastings	pistão (4)	1946
Handley Page	pistão (4)	1945
HP.68/81/82 Hermes		
Handley Page HP-137	turbohélice (2)	1967
Jetstream		
Handley Page HPR.7	turbohélice (2)	1955
Herald		

Hawker Siddeley HS-121 Trident	jacto (3)	1962
Hawker Siddeley HS-125	jacto (2)	1962
Hawker Siddeley HS-748	turbohélice (2)	1960
Hawker Siddeley HS-801 Nimrod	jacto (4)	1967
Hindustan Aeronautics Ltd. HAL-748	turbohélice (2)	1961
Howard 250	pistão (2)	1961
Howard 500	pistão (2)	1960
IAI 1124 Westwind	jacto (2)	1963
IAI Arava	turbohélice (2)	1969
Ilyushin 114	turbohélice (2)	1990
Ilyushin 12	pistão (2)	1946
Ilyushin 14	pistão (2)	1950
Ilyushin 18	turbohélice (4)	1957
Ilyushin 38	turbohélice (4)	1967
Ilyushin 62	jacto (4)	1963
Ilyushin 76	jacto (4)	1971
Ilyushin 86	jacto (4)	1976
Ilyushin 96	jacto (4)	1988
Junkers Ju-52/3m	pistão (3)	1930
Kawasaki C-1	jacto (2)	1970
Latécoere 631	pistão (6)	1942
Learjet 23	jacto (2)	1963
Learjet 24	jacto (2)	1966
Learjet 25	jacto (2)	1966
Learjet 31	jacto (2)	1987
Learjet 35	jacto (2)	1973
Learjet 36	jacto (2)	1973
Learjet 45	jacto (2)	1995
Learjet 55	jacto (2)	1979
Learjet 60	jacto (2)	1991
Let 410	turbohélice (2)	1969
Let 610	turbohélice (2)	1988
Lisunov Li-2	pistão (2)	1942
Lockheed 1329 Jetstar	jacto (4)	1957
Lockheed 18 Lodestar	pistão (2)	1939
Lockheed C-130 & L-100 Hercules	turbohélice (4)	1954
Lockheed C-141 Starlifter	jacto (4)	1963
Lockheed C-5 Galaxy	jacto (4)	1968
Lockheed L- 049/149 Constellation	pistão (4)	1943
Lockheed L- 649/749 Constellation	pistão (4)	1947
Lockheed L-1011 TriStar	jacto (3)	1970
Lockheed L-1049 Super Constellation	pistão (4)	1951
Lockheed L-1649 Starliner	pistão (4)	1956

Lockheed L-188 Electra	turbohélice (4)	1957
Lockheed P-3 Orion	turbohélice (4)	1959
Martin 130	pistão (4)	1934
Martin 2-0-2	pistão (2)	1946
Martin 4-0-4	pistão (2)	1950
Martin Mars	pistão (4)	1945
Martin PBM-5 Mariner	pistão (4)	1944
MBB HFB-320 Hansa Jet	jacto (2)	1964
McDonnell Douglas C-17 Globemaster III	jacto (4)	1991
McDonnell Douglas DC- 10	jacto (3)	1970
McDonnell Douglas DC-8	jacto (4)	1958
McDonnell Douglas DC- 9/MD-80s/MD90/B717	jacto (2)	1965
McDonnell Douglas MD- 11	jacto (3)	1990
Miles Marathon	pistão (4)	1946
Mitsubishi Mu-300 Diamond 1	jacto (2)	1978
Morane Saulnier MS.760 Paris	jacto (2)	1954
NAMC YS-11	turbohélice (2)	1962
Nord 2501 Noratlas	pistão (2)	1950
Nord 262/Mohawk 298	turbohélice (2)	1962
Piaggio PD.808	jacto (2)	1964
Pilatus Britten-Norman BN-2 Islander	pistão (2)	1965
Pilatus Britten-Norman BN-2A Trislander	pistão (3)	1970
PZL-Mielec M28	turbohélice (2)	1993
Raytheon Hawker	jacto (2)	1993
Raytheon Premier 1	jacto (2)	1998
Rockwell 1121 Jet Commander	jacto (4)	1963
Rockwell Sabreliner	jacto (2)	1958
SAAB 2000	turbohélice (2)	1992
SAAB 340	turbohélice (2)	1983
SAAB Scandia	pistão (2)	1946
Saunders ST-27	turbohélice (2)	1969
Savoia-Marchetti SM.95	pistão (4)	1942
Scottish Aviation Twin Pioneer	pistão (2)	1955
Short S.25 Mk.5	pistão (4)	1946
Sandringham	pistão (4)	1939
Short S.26 G Class	pistão (4)	1946
Short S.45 Solent	pistão (4)	1946
Shorts 330	turbohélice (2)	1974
Shorts 360	turbohélice (2)	1981
Shorts SC.7 Skyvan	turbohélice (2)	1963

Sikorsky S.42	pistão (4)	1934
Sikorsky S.43	pistão (2)	1935
Sino Swearingen SJ30-2	jacto (2)	2000
SNCASE SE.161	pistão (4)	1945
Languedoc		
SNCASE SE.2010	pistão (4)	1949
Armagnac		
SNCASO SO.30	pistão (2)	1946
Spectrum Aeronautical		
Spectrum 33	jacto (2)	2006
Sud Aviation SE-210	jacto (2)	1955
Caravelle		
Swearingen Metro / Merlin IV	turbohélice (2)	1969
Transall C-160	turbohélice (2)	1963
Tupolev 104	jacto (2)	1955
Tupolev 114	turbohélice (4)	1957
Tupolev 124	jacto (2)	1960
Tupolev 134	jacto (2)	1963
Tupolev 144	jacto (4)	1968
Tupolev 154	jacto (3)	1968
Tupolev 204	jacto (2)	1989
Tupolev 334	jacto (2)	1999
VFW-614	jacto (2)	1971
Vickers Valetta	pistão (2)	1947
Vickers Vanguard	turbohélice (4)	1959
Vickers Varsity	pistão (2)	1949
Vickers VC-10	jacto (4)	1962
Vickers Viking	pistão (2)	1945
Vickers Viscount	turbohélice (4)	1948
Xian Yunshuji Y-7	turbohélice (2)	1970
Yakovlev 40	jacto (3)	1966
Yakovlev 42	jacto (3)	1975
Yunshuji Y-12	turbohélice (2)	1984

**Anexo C – ICAO Taxometry**  
*(Phase of flight definitions and usage notes, 2006)*

STANDING (STD)

Prior to pushback or taxi, or after arrival, at the gate, ramp, or parking area, while the aircraft is stationary. This phase of flight includes the following sub-phases:

- Engine(s) Not Operating
- Engine(s) Start-up
- Engine(s) Operating
- Engine(s) Shutdown

*Usage notes:*

- *Engine shutdown is from the start of the shutdown sequence until the engine(s) cease rotation*

PUSHBACK/TOWING (PBT)

Aircraft is moving in the gate, ramp, or parking area, assisted by a tow vehicle [tug]. This phase of flight includes the following sub-phases:

- Assisted, Engine(s) Not Operating
- Assisted, Engine(s) Start-up
- Assisted, Engine(s) Operating
- Assisted, Engine(s) Shut Down

*Usage Notes:*

- *Unassisted movement in the gate or ramp area is included in the TAXI phase.*
- *Engine shutdown is from the start of the shutdown sequence until the engine(s) cease rotation*

TAXI (TXI)

The aircraft is moving on the aerodrome surface under its own power prior to takeoff or after landing. This phase of flight includes the following sub-phases:

- Taxi to Runway: Commences when the aircraft begins to move under its own power leaving the gate, ramp, apron, or parking area, and terminates upon reaching the runway.
- Taxi to Takeoff Position: From entering the runway until reaching the takeoff position.
- Taxi from Runway: Begins upon exiting the landing runway and terminates upon arrival at the gate, ramp, apron, or parking area, when the aircraft ceases to move under its own power.

*Usage Notes:*

- *Throughout this document the term runway or landing area is taken in its broadest sense and includes runways, landing strips, waterways, unimproved landing areas, and landing pads, (which may include offshore platforms, building roofs, roads, ships, and fields), or other intended landing areas.*
- *Taxiing includes air taxiing for rotorcraft*

#### TAKEOFF (TOF)

From the application of takeoff power, through rotation and to an altitude of 35 feet above runway elevation. This phase of flight includes the following sub-phases:

- Takeoff. From the application of takeoff power, through rotation and to an altitude of 35 feet above runway elevation or until gear-up selection, whichever comes first.
- Rejected Takeoff. During Takeoff, from the point where the decision to abort has been taken until the aircraft begins to taxi from the runway

*Usage Note:*

- *Landback during rotorcraft operations is considered a rejected takeoff*

## INITIAL CLIMB (ICL)

From the end of the Takeoff sub-phase to the first prescribed power reduction, or until reaching 1000 feet above runway elevation or the VFR pattern, whichever comes first

## EN ROUTE (ENR)

Instrument Flight Rules (IFR): From completion of Initial Climb through cruise altitude and completion of controlled descent to the Initial Approach Fix (IAF).

Visual Flight Rules (VFR): From completion of Initial Climb through cruise and controlled descent to the VFR pattern altitude or 1000 feet above runway elevation, whichever comes first. This phase of flight includes the following sub-phases:

- Climb to Cruise: IFR: From completion of Initial Climb to arrival at initial assigned cruise altitude. VFR: From completion of Initial Climb to initial cruise altitude.
- Cruise: Any level flight segment after arrival at initial cruise altitude until the start of descent to the destination.
- Change of Cruise Level: Any climb or descent during cruise after the initial climb to cruise, but before descent to the destination.
- Descent: IFR: Descent from cruise to either Initial Approach Fix (IAF) or VFR pattern entry. VFR: Descent from cruise to the VFR pattern entry or 1000 feet above the runway elevation, whichever comes first.
- Holding: Execution of a predetermined maneuver (usually an oval race track pattern) which keeps the aircraft within a specified airspace while awaiting further clearance. Descent during holding is also covered in this sub-phase.

## MANEUVERING (MNV)

Low altitude/aerobatic flight operations. This phase of flight includes the following sub-phases:

- Aerobatics: Any intentional maneuvering that exceeds 30 degrees of pitch attitude or 60 degrees of bank, or both, or abnormal acceleration (usually associated with air shows and military flight, or with related training flights).

- Low Flying: Intentional low-altitude flight not connected with a landing or takeoff, usually in preparation for or during observation work, demonstration, photography work, aerial application, training, sight seeing, ostentatious *display*, or other similar activity. For rotorcraft, this also includes hovering (not associated with landing or takeoff) and handling external loads.

#### APPROACH (APR)

Instrument Flight Rules (IFR): From the Initial Approach Fix (IAF) to the beginning of the landing flare. Visual Flight Rules (VFR): From the point of VFR pattern entry, or 1000 feet above the runway elevation, to the beginning of the landing flare. This phase of flight includes the following sub-phases:

- Initial Approach (IFR): From the IAF to the Final Approach Fix (FAF).
- Final Approach (IFR): From the FAF to the beginning of the landing flare.
- Circuit Pattern – Downwind (VFR): A flight path (normally 1,000 feet above the runway) which commences abeam the departure end of the runway and runs parallel to the runway in the direction opposite to landing, and terminates upon initiating the turn to base leg.
- Circuit Pattern – Base (VFR): From start of turn at end of downwind leg until the start of the turn for final.
- Circuit Pattern - Final (VFR): From the start of the turn to intercept the extended runway centerline, normally at the end of base leg, to the beginning of the landing flare. Includes VFR straight-in approaches.
- Circuit Pattern – Crosswind (VFR): A flight path of the VFR traffic pattern, which is perpendicular to the landing runway, crosses the departure end of the runway, and connects with the downwind leg.
- Missed Approach/Go-Around: From the first application of power after the crew elects to execute a missed approach or go-around until the aircraft re-enters the sequence for a VFR pattern (go-around) or until the aircraft reaches the IAF for another approach (IFR)

#### *Usage Note:*

- *A holding procedure executed at the IAF is included in the ENROUTE phase*

## LANDING (LDG)

From the beginning of the landing flare until aircraft exits the landing runway, comes to a stop on the runway, or when power is applied for takeoff in the case of a touch-and-go landing. This phase of flight includes the following sub-phases:

- Flare: Transition from nose-low to nose-up attitude just before landing until touchdown.
- Landing Roll: After touchdown until aircraft exits the landing runway or comes to a stop, whichever occurs first.

### *Usage Note:*

- *For Rotorcraft, includes both vertical and running landings*

## EMERGENCY DESCENT (EMG)

A controlled descent during any airborne phase in response to a perceived emergency situation.

## UNCONTROLLED DESCENT (UND)

A descent during any airborne phase in which the aircraft does not sustain controlled flight.

## POST-IMPACT (PIM)

Any of that portion of the Flight which occurs after impact with a person, object, obstacle or terrain.

### *Usage note:*

- *While not a Phase of Flight per se, this phase is added to permit accurate sequence of event reconstruction for occurrences. For example, to capture post impact fire.*

## UNKNOWN (UNK)

Phase of flight is not discernable from the information available.