



ACADEMIA DA FORÇA AÉREA

Classificação e Análise de Fatores Humanos nos Acidentes e Incidentes na Força Aérea

Ricardo Augusto Baptista Martins

Aspirante a Oficial-Aluno Piloto-Aviador 138099-A

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Aeronáutica Militar, na Especialidade de Piloto-Aviador

Júri

Presidente: Brigadeiro-General Henrique Ferreira Lopes

Orientador: Major Cristina Paula de Almeida Fachada

Coorientador: Capitão Bruno António Serrasqueiro Serrano

Arguente: Tenente-Coronel Ana Rita Baltazar

Sintra, junho de 2016



ACADEMIA DA FORÇA AÉREA

Classificação e Análise de Fatores Humanos nos Acidentes e Incidentes na Força Aérea

Ricardo Augusto Baptista Martins

Aspirante a Oficial-Aluno Piloto-Aviador 138099-A

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Aeronáutica Militar, na Especialidade de Piloto-Aviador

Júri

Presidente: Brigadeiro-General Henrique Ferreira Lopes

Orientador: Major Cristina Paula de Almeida Fachada

Coorientador: Capitão Bruno António Serrasqueiro Serrano

Arguente: Tenente-Coronel Ana Rita Baltazar

ISBN:

Sintra, junho de 2016

Este trabalho foi elaborado com finalidade essencialmente escolar, durante a frequência do Curso de Pilotagem Aeronáutica cumulativamente com a atividade escolar normal. As opiniões do autor, expressas com total liberdade acadêmica, reportam-se ao período em que foram escritas, mas podem não representar doutrina sustentada pela Academia da Força Aérea.

Agradecimentos

A presente dissertação, para além de constituir uma fonte de conhecimento acerca do tema abordado, representa o culminar de uma intensa e árdua etapa, a conquista e término dos quatro anos de cadete na Academia da Força Aérea.

Nos primórdios da construção pessoal, a minha família assume o papel de distinção, enquanto elemento educativo, motivador e de amor incondicional. Pela compreensão maternal, pelos conselhos sábios resultantes de uma carreira exímia, pelos momentos únicos de descontração e pela maravilhosa companhia nas largas horas de estudo, à minha mãe, pai, irmão e namorada, expresso a minha gratidão, materializada com mais um resultado pessoal e coletivo, derivado do apoio incessante que possibilitou mais um fruto nesta longa caminhada.

A gratificação plena e vigorosa do resultado aqui materializado, encontra justificação no berço de uma família abraçada e muito estimada, a Força Aérea. Deste modo, aos meus camaradas Mustangs deixo um enorme agradecimento.

Se por motivos afetivos alguns agradecimentos assumem o último lugar, certamente que na sua índole profissional integram o braço mais forte da elaboração e constante aperfeiçoamento da investigação. Revelo um enorme apreço pela incessante devoção da minha orientadora, Major Cristina Fachada, que primou constantemente pelo aperfeiçoamento dos mais ínfimos pormenores, conferindo rigor e saber a este projeto conjunto. Saliento o extraordinário empenho demonstrado pelo meu coorientador, Capitão Bruno Serrano, ao ter auxiliado nas mais diversas áreas, conferindo conhecimento científico imprescindível.

Destaco ainda, a constante disponibilidade manifestada pelo Coronel Jorge Amorim, ao partilhar a sua experiência em prol do presente estudo, bem como pelos demais entrevistados, ao contribuírem com informações e pareceres cruciais para o culminar da investigação.

Pelo supracitado, em conjunto com o apoio contínuo da Academia da Força Aérea, reconheço que foi criado um conjunto de condições inigualáveis para que a qualidade do trabalho possa dar um contributo significativo para *práxis* da Força Aérea.

*“Mishaps are like knives that either serve us or cut us
as we grasp them by the blade or the handle”*

James Russell Lowell

Resumo

A aviação, enquanto elemento crucial na aproximação entre culturas, povos e esforços de guerra, atravessa atualmente um período de elevada valorização e consequente evolução da sua componente de Segurança de Voo (SV). A larga maioria das ocorrências aeronáuticas resultam de falhas humanas, isto é, são grandemente oriundas de erros na *interface* homem-máquina. Tal facto, alerta para a pertinência da criação, e posterior aplicação, de um sistema cada vez mais eficaz de análise e classificação das causas das ocorrências.

A Força Aérea (FA) recorre, desde 1999, ao anexo F do RFA 330-1 para proceder à classificação das causas das ocorrências, o qual, face às necessidades atuais – frequentemente aventadas por quem proximamente lida com esta área – poderá beneficiar com um trabalho periódico de estudo e reformulação, catalisador de um processo de análise e de classificação cada vez mais ajustado às exigências da realidade envolvente.

A presente dissertação propõe uma abordagem de classificação e análise de Fatores Humanos (FH) adaptada ao contexto da FA, a qual se convencionou designar por *abordagem HFACS adaptada à FA*. Para tal, utilizou-se uma metodologia essencialmente qualitativa, recorrendo a entrevistas semiestruturadas a Oficiais e Civis da FA com experiência direta e indireta nesta área. A *abordagem HFACS adaptada*, neste estudo, à FA, revelou-se como uma resposta adequada às necessidades atuais, quer em termos de pressupostos teórico-práticos, quer no plano fundamentalmente prático, também aqui operacionalizado através do seu teste a quatro relatórios de ocorrências reais.

Palavras-chave:

Segurança de Voo, Fatores Humanos, Classificação.

Abstract

Aviation, as a crucial element in the rapprochement between cultures, people and war effort, is currently experiencing an increase in importance and consequently an evolution of its flight safety component. The vast majority of aviation occurrences result from human errors, in other words, they are largely derived from man-machine interface errors. This fact points to the relevance of the creation and subsequent implementation of an increasingly effective system of analysis and classification of the causes of occurrences.

The Portuguese Air Force (PoAF) uses the Annex F of the RFA 330-1 to classify the causes of occurrences since 1999. Given the current needs, frequently referred by those who closely deal with this matter, this regulation may benefit from periodic work study in order to achieve a process of analysis and classification increasingly adjusted to the demands of the surrounding reality.

Therefore, the current thesis proposes a human factors analysis and classification approach adapted to the context of the PoAF, referred to as *HFACS approach adapted to the PoAF*. The working method was essentially based on a qualitative methodology associated with semi-structured interviews to organization's officials and civilians with direct and indirect experience in this field. The proposed approach has proved to be a good response to the current needs, in terms of theoretical and practical assumptions, also covered in the current thesis through the model test on four reports of actual occurrences.

Keywords:

Flight Safety, Human Factors, Classification.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Quadros	xiii
Lista de Acrónimos.....	xv
Glossário	xix
1 Introdução.....	1
2 Revisão da Literatura.....	3
2.1 Evolução Histórica.....	3
2.1.1 Primórdios da Ascensão dos Fatores Humanos a Elemento Causal	4
2.1.2 Multidisciplinariedade dos Fatores Humanos.....	7
2.1.3 Os Fatores Humanos na Investigação de Acidentes	10
2.1.4 Segurança de Voo	15
2.2 Abordagens de Classificação/Mitigação do Erro	17
2.2.1 SHELL.....	18
2.2.2 <i>Crew Resource Management (CRM)</i>	20
2.2.3 Queijo Suíço de Reason	22
2.2.4 PEAR	23
2.2.5 <i>Just Culture</i>	24
2.2.6 <i>Dirty Dozen</i>	27
2.2.7 <i>Maintenance Error Decision Aid (MEDA)</i>	27
2.2.8 <i>Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)</i>	30
2.3 Abordagens das Causas dos Acidentes e dos FH no Atual Contexto Aeronáutico (Civil e Militar).....	35

3	Apresentação do Estudo	39
3.1	Método	39
3.1.1	Participantes e Procedimento	39
3.1.2	Instrumento de Medida	40
3.1.3	Codificação das Entrevistas e Análise de Conteúdo.....	41
3.2	Apresentação dos Dados e Discussão de Resultados.....	41
3.2.1	Análise de Conteúdo de Categorias <i>a priori</i>	41
3.2.2	Análise de Conteúdo de Categorias Emergentes	48
3.3	Abordagem HFACS Adaptada à FA.....	48
3.4	Teste à <i>Abordagem HFACS adaptada à FA</i>	51
4	Conclusões.....	59
5	Limitações e Estudos Futuros.....	61
6	Recomendações e Implicações Práticas.....	63
7	Bibliografia.....	65
APÊNDICES		
	Apêndice A – Exemplos Referentes às Categorias do HFACS.....	A-1

Índice de Figuras

Figura 1 – Homem vitruviano	5
Figura 2 – Máquina voadora de Leonardo da Vinci	5
Figura 3 – Áreas dos FH	8
Figura 4 – Abordagem SHELL	19
Figura 5 – Competências do CRM	21
Figura 6 – Esquema do SCM	22
Figura 7 – Esquema representativo da abordagem PEAR	24
Figura 8 – Fatores contributivos para o desempenho na manutenção	28
Figura 9 – Diagrama de ocorrência <i>MEDA</i>	29
Figura 10 – Esquema representativo da categoria dos atos inseguros do HFACS	32
Figura 11 – Esquema representativo da categoria das precondições para atos inseguros do HFACS	33
Figura 12 – Esquema representativo da categoria da supervisão inadequada do HFACS	34
Figura 13 – Esquema representativo da categoria da influência organizacional do HFACS	34
Figura 14 – Síntese das abordagens das causas dos acidentes e dos FH em vigor no contexto aeronáutico	38
Figura 15 – Diagrama da <i>Abordagem HFACS adaptada à FA</i>	49

Índice de Quadros

Quadro 1 – Análise de conteúdo das categorias <i>a priori</i>	42
Quadro 2 – Análise de frequência das categorias <i>a priori</i>	46
Quadro 3 – Análise de frequência do tipo de ocorrência segundo o Anexo F do RFA 330-1.....	56
Quadro 4 – Análise de frequência do tipo de ocorrência segundo a <i>Abordagem HFACS adaptada à FA</i>	57
Quadro A.1 – Exemplos fundamentais de atos inseguros	A-1
Quadro A.2 – Exemplos fundamentais de condições para atos inseguros	A-2
Quadro A.3 – Exemplos fundamentais de supervisão inadequada.....	A-3
Quadro A.4 – Exemplos fundamentais de influência organizacional	A-4

Lista de Acrónimos

AFSAS	<i>Air Force Safety Automated System</i>
AFSEC	<i>Air Force Flight Safety Center</i>
ANAC	Autoridade Nacional da Aviação Civil
AQUILA	<i>Application for Quality Audits</i>
ATC	<i>Air Traffic Control</i>
CCM	Centro de Controlo de Manutenção
CCO	Centro de Controlo Operacional
CEDA	<i>Component Error Decision Aid</i>
CMM	<i>Component Maintenance Manual</i>
CRM	<i>Crew Resource Management</i>
EC	<i>European Commission</i>
ERG	<i>Event Review Group</i>
EU	<i>European Union</i>
EUA	Estados Unidos da América
FA	Força Aérea
FAA	Forças Armadas
FAI	Força Aérea Israelita
FAIR	<i>Flowchart Analysis of Investigation Results</i>
FDM	<i>Flight Data Monitoring</i>
FH	Fatores Humanos
FTA	<i>Fault Tree Analysis</i>
GEMS	<i>Generic Error-Modeling System</i>

GPIAA	Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves
HFACS	<i>Human Factors Analysis and Classification System</i>
HPIM	<i>Human Performance in Maintenance</i>
IFSO	<i>International Flight Safety Officer</i>
IGFA	Inspeção-Geral da Força Aérea
ISIM	<i>Integrated Safety Investigation Methodology</i>
JAATO	<i>Joint Aviation Authorities Training Organization</i>
JAXA	<i>Japan Aerospace Exploration Agency</i>
MEDA	<i>Maintenance Error Decision Aid</i>
MFA	Manual da Força Aérea
MOR	<i>Mandatory Occurrence Report</i>
MORT	<i>Management Oversight Risk Trees Analysis</i>
MRM	<i>Maintenance Resource Management</i>
NTSB	<i>National Transportation Safety Board</i>
OA	Operadores Aéreos
ORION	<i>Occurrence Report and Investigation Network</i>
PoAF	<i>Portuguese Air Force</i>
RFA	Regulamento da Força Aérea
RIO	Relatório de Investigação de Ocorrência
SCAT	<i>Systematic Cause Analysis Technique</i>
SCM	<i>Swiss Cheese Model</i>
SCSI	<i>Southern California Safety Institute</i>
SMS	<i>Safety Management System</i>

ST	Segurança em Terra
SV	Segurança de Voo
TAP	Transportes Aéreos Portugueses
TCAS	<i>Traffic Collision Avoidance System</i>
TEM	<i>Threat and Error Management</i>
TIR	<i>Technical Incident Report</i>
TSB	<i>Canadian Transportation Accident Investigation</i>
	<i>and Safety Board</i>
US	<i>United States</i>
USA	<i>United States of America</i>
USAF	<i>United States Air Force</i>
VMC	<i>Visual Meteorological Conditions</i>
WBA	<i>Why-Because Analysis</i>
WBG	<i>Why-Because Graph</i>

Glossário

Acidente. “Ocorrência associada à operação de uma aeronave entre o momento de embarque com a intenção de voo e o desembarque, no qual: a morte ou lesão grave resultam da estada no interior da aeronave, do contacto direto ou indireto com a mesma, ou ainda, da exposição direta ao jato; a aeronave contém danos substanciais; a aeronave encontra-se desaparecida ou completamente inacessível” (Darby, 2007, p.54).

AFSAS (Air Force Safety Automated System). “Repositório em rede para reporte e análise de ocorrências, que pode ser acedido em qualquer parte do mundo através de um cartão de acesso comum. O sistema encontra-se inserido nas regras de segurança do Departamento de Defesa da *United States Air Force* (USAF) com capacidades em constante expansão, desde a automatização do envio de mensagens ao rastreio de recomendações para prevenção de ocorrências” (Air Force Safety Center Public Affairs, 2015).

Ambiente Operacional. Conjunto dos fatores envolventes à operação, incluindo as influências ambientais, organizacionais e materiais, aos quais o operador encontra-se sujeito e afeto em termos de *performance* humana (Federal Aviation Administration, 2000).

ATC Air Traffic Control. “Serviço que supervisiona e gere os movimentos das aeronaves de forma a fornecer segurança e eficiência no fluxo de tráfego aéreo” (Crocker, 2005, p.14).

Automatização. “Técnica de controlo de mecanismos, processos ou sistemas através de dispositivos eletrónicos e/ou mecânicos que substituam o organismo humano na sensibilidade, tomada de decisão, e resposta deliberada” (Chialastri, 2012, p.79).

Cockpit. “Área localizada na zona dianteira de uma aeronave a partir da qual o piloto exerce o controlo da aeronave” (Crocker, 2005, p.47).

Ergonomia. “Disciplina científica focada na compreensão das interações entre os humanos e outros elementos de um sistema, bem como na aplicação da

teoria, princípios, informação e métodos ao *design* com o objetivo de otimizar o bem-estar humano e a *performance* global do sistema” (Patankar *et al.*, 2004, p.58).

Erro Humano. “Decisão ou comportamento humano, inapropriado e não intencional, que reduz, ou possui o potencial para reduzir, a efetividade, segurança ou desempenho do sistema” (Latino *et al.*, 2007, p.1).

Fatores Humanos. Disciplina científica acerca da aplicação do conhecimento sobre as pessoas e as suas capacidades, características e limitações à concepção do equipamento que utilizam, ao meio envolvente e às tarefas que realizam .

Hull Loss. “Aeronave totalmente destruída, sem recuperação viável, desaparecida ou completamente inacessível” (Darby, 2007, p.54).

Incidente. “Ocorrência, que apesar de não constituir um acidente, encontra-se associada à operação de uma aeronave de forma a afetar ou poder afetar a segurança da operação” (ICAO, 2010, p.21).

MEDA (*Maintenance Error Decision Aid*). “Processo estruturado, utilizado na investigação de acidentes causados pelo técnico de manutenção ou pelo inspetor de desempenho” (Commercial Aviation Services, 2013, p.1).

Read Back. Procedimento através do qual a estação recetora repete a mensagem recebida, de forma a obter-se a confirmação da correta receção da mensagem (ICAO, 2001).

Risco. A fórmula do risco é apresentada na eq. (1), constituindo o “produto da probabilidade de um evento falhar com as consequências da própria falha. De forma genérica, o risco R consiste na probabilidade P(E) de um evento indesejável, multiplicado pelo somatório dos produtos da probabilidade de determinadas consequências condicionada pelo esse evento P(X|E) e o custo C dessas consequências” (Salas *et al.*, 2010, p.57).

$$R = P(E) \sum_{i=1}^n [P(X_i|E)C_i] \quad (1)$$

Segurança. “Medida do grau de ausência de risco num determinado ambiente” (Anderson *et al.*, 1991, p.320).

Safety Management System. “Conjunto integrado de processos, procedimentos, políticas e programas utilizados para avaliar, definir e gerir o risco de segurança na prestação de serviços de *Air Traffic Control* (ATC) e de navegação” (ICAO, 2013, p.122).

Violação. Ação ou inação intencional, que resulte no incumprimento de regras, políticas, procedimentos ou normas do conhecimento do infrator (EUROCONTROL, 2013).

1 Introdução

A presente investigação surge da necessidade identificada pela Inspeção-Geral da Força Aérea (IGFA) em ser criada uma abordagem de análise e classificação do erro humano que possa ser aplicada à Força Aérea (FA) (Amorim *et al.*, 2014). Um sistema tanto mais importante se se considerar que a participação portuguesa nos compromissos militares internacionais exige das Forças Armadas (FAA) um acréscimo na garantia de uma operação segura, face às intervenções estritamente nacionais cada vez mais complexas e com mais intervenientes. Por outro lado, os custos associados a um acidente ou incidente aeronáutico são normalmente elevados, pois pode envolver não só danos materiais como também a perda de vidas humanas. Assim, a presença de uma abordagem de segurança moderna e capaz afigura-se como uma ferramenta importante para a FA operar de forma segura.

Como tal, a Segurança de Voo (SV) tem um papel especialmente importante numa organização cuja missão inclui a cooperação na defesa militar da República através da realização de operações aéreas. A existência de sistemas de determinação das causas do erro, associado aos Fatores Humanos (FH), no decorrer da investigação de acidentes e incidentes revela-se importante na medida em que possibilita a redução da probabilidade desse(s) erro(s) poder(em) vir a acontecer no futuro, permitindo, portanto, uma gestão mais eficiente dos recursos humanos e materiais.

Uma importância (estudo dos FH) tanto maior se se considerar o advogado pelo Committee on Aircraft Certification Safety Management (1998), de que uma das principais causas de incidentes e acidentes aeronáuticos são, precisamente, os FH. Neste âmbito, a abordagem *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS) foi primariamente desenvolvido com o intuito de classificar de uma forma objetiva os diversos tipos de erro humano presente em ocorrências verificadas na Marinha e no Corpo de Fuzileiros Navais dos Estados Unidos da América (EUA), Instituições Militares onde o erro humano foi considerado a causa primária de 80% dos acidentes de voo ali verificados (Mussulman *et al.*, 2004).

Neste seguimento, a análise dos registos de ocorrências na FA sugere os FH enquanto agente responsável por 60% dos acidentes com perda de aeronave ou vida

(Marado, 2011). Esta constatação confronta-se com a necessidade de melhoria do sistema militar de classificação, de forma a servir o Gabinete de Prevenção de Acidentes na categorização de ocorrências (Amorim *et al.*, 2014). Atualmente a FA recorre ao anexo F do Regulamento RFA 330-1 para proceder à classificação da causa das ocorrências, o qual poderá beneficiar de reformulação de modo a permitir uma classificação e categorização mais consistente e sistematizada (Amorim, 2016).

Ao encontro destas evidências, surgem também Salas e Maurino (2010), ao referirem que não obstante a aviação possuir um recorde extraordinário em matéria de segurança – que tem vindo a melhorar substancialmente nas últimas duas décadas, com um registo de 1.9 hull losses para menos de 1.0, por milhão de voos – os desastres continuam a ocorrer, sendo os FH um componente crítico da segurança de voo.

Pelo supradito, o presente estudo tem como propósito criar uma ferramenta ainda mais eficaz de análise e classificação dos FH nos acidentes e incidentes da FA, e, desta forma, contribuir para que a operação/missão deste Ramo castrense se desenvolva num ambiente ainda mais seguro. Por outras palavras, criar um quadro de classificação geral do erro humano na FA, que vise enriquecer sobremaneira a *práxis* atual, mediante a conceptualização de um sistema capaz de proporcionar uma análise mais detalhada das falhas humanas.

Em termos de estrutura, o presente documento compreende sete capítulos. No primeiro, *Introdução*, apresenta-se o tema, os objetivos e a sua envolvência. O segundo, *Revisão de Literatura*, é abordada a Evolução Histórica nas diversas áreas que integram os FH, incluindo a SV, as Abordagens de Classificação/Mitigação do Erro e as Abordagens das Causas dos Acidentes e dos FH no Atual Contexto Aeronáutico (Civil e Militar). O terceiro capítulo, *Apresentação do Estudo*, que, como o próprio nome indica, inclui o Método utilizado, a Apresentação dos Dados e Discussão dos Resultados. Nos quatro restantes capítulos, é feita uma descrição detalhada das: *Conclusões* (Capítulo 4), *Limitações e Estudos Futuros* (Capítulo 5), *Recomendações e Implicações Práticas* (Capítulo 6) e, por último, apresentam-se as *Referências Bibliográficas* (Capítulo 7).

2 Revisão da Literatura

O presente capítulo apresenta de forma breve e resumida o conhecimento atual acerca da SV e dos FH na aviação. Tem, assim, como ponto de partida a evolução histórica dos FH, abordando os primórdios da ascensão dos FH a elemento causal, a sua vertente multidisciplinar e o seu papel determinante ao nível da investigação de acidentes. A evolução histórica culmina com a descrição do conceito de SV e das épocas mais marcantes da sua cronologia. Seguidamente, analisam-se algumas abordagens de classificação/mitigação do erro (SHELL, CRM, SCM, PEAR, Just Culture, Dirty Dozen, MEDA e HFACS), bem como, as Abordagens das Causas dos Acidentes e dos FH no Atual Contexto Aeronáutico (Civil e Militar).

2.1 Evolução Histórica

A história da aviação encontra-se marcada por inúmeros eventos responsáveis quer pela conceção do próprio conceito de SV, quer pela evolução do seu significado, importância, abrangência e sistemas agregados, tais como o de classificação e análise de acidentes e incidentes.

Para uma compreensão plena do surgimento dos FH importa analisar o aparecimento do próprio termo, desde a sua associação a vivências de figuras mitológicas, enquanto causa para ocorrências laborais (i.e., os Primórdios da Ascensão dos FH a Elemento Causal), o universo de aplicação dos FH (i.e., a Multidisciplinaridade dos FH), de que forma se aplicaram às suas formas de aplicação à investigação (i.e., os FH na Investigação de Acidentes) e, mais tarde, a sua integração enquanto elemento fulcral na averiguação de ocorrências de índole aeronáutica (i.e., a Segurança de Voo).

2.1.1 Primórdios da Ascensão dos Fatores Humanos a Elemento Causal

A primeira referência histórica de um acidente aeronáutico remonta à mitologia grega, conforme o episódio relatado por Brandão (2011) acerca das consequências de aprisionamento de Ícaro e do seu pai Dédalo num labirinto. Dédalo encontrou facilmente o caminho de saída e fabricou para si e para o seu filho dois pares de asas de penas, presas aos ombros com cera, as quais lhe permitiram voar livremente pelo céu, desde que, tal como recomendara a seu filho Ícaro, não voassem muito alto, porque o sol derreteria a cera, nem muito baixo, uma vez que a humidade tornaria as penas pesadas (Brandão, 2011). No entanto, Ícaro não resistiu ao impulso de se elevar no céu e aproximar-se do sol, o que fez a cera derreter-se, as penas descolarem e Ícaro cair no Mar Egeu, o qual, daí por diante, passou a denominar-se por Mar de Ícaro (Brandão, 2011).

Mediante a análise desta primeira referência histórica, pode-se retirar um pensamento importante no contexto da segurança aeronáutica: Ícaro morre por não cumprir com as normas e regulamentos impostos pelas restrições de voo estabelecidas pelo seu pai (Santi, 2009).

Após esta primeira alusão de carácter fundamentalmente mitológico, outras entidades contribuíram fortemente para a afirmação dos FH enquanto elemento vinculado à condição humana e às suas atividades. Segundo Riley *et al.* (2008), já nos finais do séc. XV, destaca-se Leonardo Da Vinci com a sua dedicação ao estudo da forma e da proporção do corpo humano, culminando em diversas obras, tais como o desenho “Homem Vitruviano” (Figura 1), no qual se expressa uma forte correlação entre as proporções humanas ideais e a geometria do homem perfeito, constituindo assim uma das primeiras fontes com diretrizes para a antropometria.

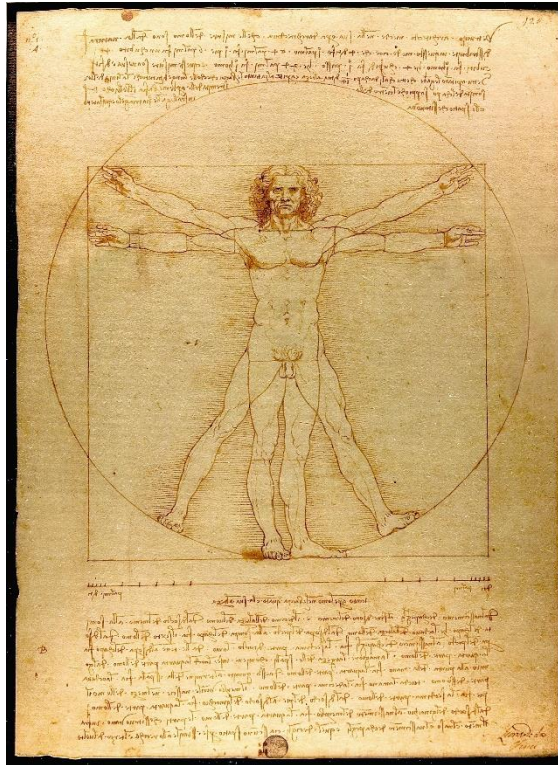


Figura 1 – Homem vitruviano (Viator, 1485)

Leonardo da Vinci projetou ainda a “Máquina voadora de Leonardo da Vinci” (Figura 2), adaptada ao manuseamento humano através de alavancas manuais, pedais e sistemas de roldanas. Como evidência destes contributos, surge mais tarde a antropometria enquanto ciência responsável pelo estudo das dimensões do corpo humano, a qual desempenha um papel importante na atualidade devido à sua interligação com as questões ergonómicas (Riley *et al.*, 2008).

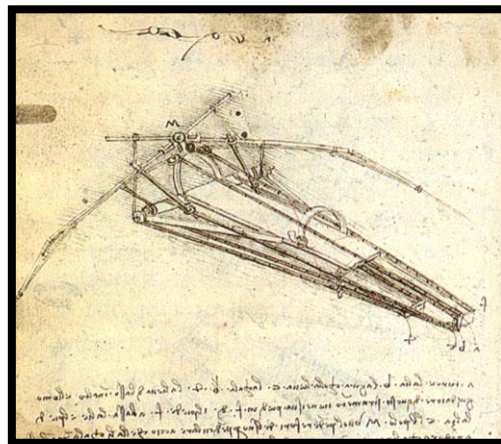


Figura 2 – Máquina voadora de Leonardo da Vinci (Reuteler, 1488)

Posteriormente, já na era pós-revolução industrial, o casal Frank e Lillian Gilbreth teve um papel de destaque no que respeita aos FH, sendo os pioneiros no estudo do movimento do corpo humano (Price, 1989). Motivados pela procura de métodos mais eficazes de montagem e desmontagem rápida de armamento durante a Primeira Guerra Mundial, estudaram, entre outras matérias, a utilização do corpo humano nas mais diversas tarefas, quer laborais quer quotidianas, com o objetivo de maximizarem a eficiência mantendo padrões aceitáveis de segurança (Price, 1989). Segundo (Riley *et al.*, 2008), Frank e Lillian Gilbreth, através dos seus estudos acerca das relações entre o ser humano e o seu esforço, conceberam e propuseram novas metodologias capazes de evitar acidentes, mais concretamente no que respeita à redução do erro humano na medicina, tais como o conceito *call back* (também denominado por *challenge-response system*), a ser aplicado no contexto de uma intervenção cirúrgica, e que consistia na repetição, por parte de uma assistente presente no bloco, do nome do instrumento cirúrgico solicitado pelo médico. Um sistema à presente data ainda em uso, e cuja repetição acima descrita, proporciona (neste caso) ao médico, uma oportunidade para proceder a uma correção, sempre que a palavra repetida não coincida com o instrumento cirúrgico efetivamente necessário. Atualmente, a aviação faz igualmente uso deste protocolo verbal, uma vez que os pilotos são instruídos a efetuarem *read back* das instruções fornecidas pelo *Air Traffic Control* (ATC), aplicando o mesmo princípio e objetivos dos Gilbreth, ou seja, assegurando que o piloto recebe as instruções corretas e, simultaneamente, que o ATC tem uma oportunidade para efetuar correções caso a informação esteja incorreta (Riley *et al.*, 2008).

Ainda no início do século XX, Orville e Wilbur Wright, foram considerados, segundo alguns autores, tais como Storm *et al.* (s.d.), como os primeiros a realizar um voo controlado, propulsionado e mais pesado do que o ar, bem como os pioneiros do estudo da *interface* homem-máquina, ao nível do desenvolvimento dos controlos associados a manobras de *pitch*, *roll* e *yaw*. Posteriormente, progrediram para a criação de controlos assistidos que reduzem a carga de trabalho do piloto, proporcionando uma melhor controlabilidade da aeronave (Riley *et al.*, 2008).

Ao aproximar-se o período que deu origem ao termo Grande Depressão ou Crise de 1929, surge um estudo que revolucionou a indústria da época, denominado por “*The Hawthorne Effect*” (Brannigan *et al.*, 2001), que consistiu na investigação

mais importante do início do séc. XX acerca da dimensão humana nas relações industriais, mediante a análise da influência da variação das condições de trabalho e supervisão da chefia na produtividade do operário.

Como fruto da evolução tecnológica resultante da Segunda Guerra Mundial, refere Riley *et al.* (2008) que o *design* do equipamento assume o auge no que diz respeito à preocupação com as capacidades e limitações humanas, de que resultou, entre outros, o trabalho de 1947 de Fitts e Jones, versando, em concreto, o estudo da configuração mais efetiva dos botões de controlo para ser utilizada nos *cockpits*. Um trabalho que, posteriormente, se revelou deveras frutuoso para a conceção de controlos e *displays* mais adaptados ao operador (Riley *et al.*, 2008).

Em suma, ao longo dos tempos, várias são as referências possíveis de encontrar sobre o papel dos FH na aviação, não só enquanto elemento causal de acontecimentos desastrosos, mas também, e pelo lado oposto, como elemento crucial na concetualização de *designs* que visam otimizar o binómio homem-máquina.

2.1.2 Multidisciplinarietà dos Fatores Humanos

Com o decorrer do séc. XX os FH foram integrando uma porção cada vez mais significativa nas mais diversas áreas do conhecimento moderno, sobretudo nas ciências que partilham os FH enquanto peça fundamental do seu saber (IFSO, 2014). Neste sentido, assumem especial destaque a psicologia e ciências cognitivas, a antropometria, as ciências computacionais, a engenharia, tanto ao nível de segurança como como na indústria, na medicina, na ergonomia, entre outras áreas (Figura 3).

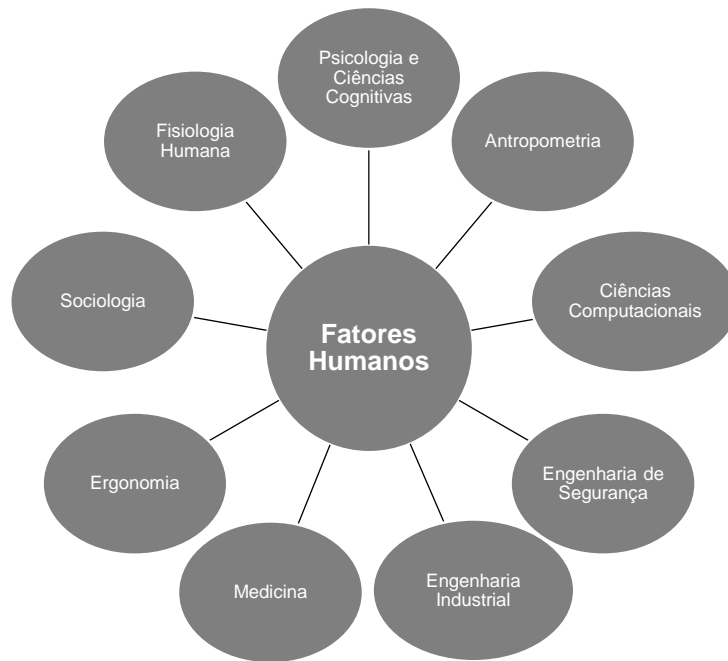


Figura 3 – Áreas dos FH (adaptado pelo autor a partir de Riley *et al.*, 2008, p.5)

À luz da abordagem de Riley *et al.* (2008), tem-se a mais-valia do conhecimento proveniente da(s):

- Psicologia e ciências cognitivas ao nível do desenvolvimento e prevenção do *stress*, aspetos comportamentais (aprendizagem, sentidos e perceção, *performance*, motivação, memória, linguagem, comunicação e resolução de problemas) e cognitivos (estudo da mente);
- Antropometria acerca das dimensões e habilidades do corpo humano, essenciais à aeronáutica;
- Ciências computacionais sobre os fundamentos teóricos da informação e computação e técnicas práticas para a sua implementação e aplicação em sistemas;
- Engenharia de segurança acerca do modo como os sistemas críticos se comportam corretamente caso ocorra a falha de componentes, prestando um enorme contributo para o *design* das instalações aeronáuticas;
- Engenharia industrial no delineamento de metas realistas, evitando erros e *stress* desnecessários. Para além disso, auxilia na compreensão dos FH através da análise estatística da *performance* de trabalho;

- Medicina no que respeita à manutenção e recuperação do bem-estar físico do indivíduo, encontrando-se, portanto, diretamente correlacionada com os FH, mais concretamente ao nível da fisiologia e da biomecânica;
- Ergonomia em termos da interação homem-máquina, contém no seu sentido lato características tão semelhantes aos FH que se tornam de difícil distinção e merece, por essa razão, especial destaque. De facto, a ergonomia partilha com os FH o seu foco na interação entre o homem e a máquina, no entanto, a primeira destaca-se pela utilização deste conhecimento para a conceção de equipamentos mais adaptados ao utilizador, ao passo que o segundo, apesar de também visar o desenvolvimento de equipamentos adequados à utilização humana, prima principalmente pela compreensão do comportamento humano e dos seus limites, explorando as capacidades do operador no decorrer dos processos. Compreendido o âmbito da ergonomia, salienta-se que esta encontra-se presente na aviação desde a realização dos primeiros voos, ao nível do fabrico de controlos fáceis de identificar e utilizar, mesmo em situações críticas de voo. Fora do *cockpit*, a ergonomia presta o seu contributo na área da manutenção, permitindo que o ambiente de trabalho tenha a iluminação adequada e que os mecânicos disponham de ferramentas de reconhecimento imediato e funcionamento ajustado à força humana;

No estudo do binómio homem-máquina, os FH incorporam uma grande variedade de desafios, uma vez que cada operador possui capacidades e limitações específicas (Salas *et al.*, 2010). Na aviação, prevalece a necessidade de se considerar a máxima quantidade destas limitações, de forma a evitar quaisquer tipos de ocorrências indesejáveis. O estudo da aplicação dos FH revela-se, pois, como algo assaz complexo – complexidade que, em áreas como a aviação, torna-se ainda maior, uma vez que é passível de refletir-se na perda de vidas humanas – tanto mais porque não existem soluções simples para a forma como as pessoas são afetadas por determinadas condições e situações (Riley *et al.*, 2008).

Neste enquadramento, e segundo o *United States (U.S.) Department of Transportation* (2014), os FH têm requerido especial atenção devido à sua natureza

muito própria, associada, por exemplo, à dificuldade de previsibilidade do comportamento humano, em geral, e do comportamento humano quando integrado num sistema, em particular, assim como à dificuldade da sua substituição quando acidentado.

2.1.3 Os Fatores Humanos na Investigação de Acidentes

A Primeira e a Segunda Guerras Mundiais tiveram um forte impacto na evolução do estudo dos FH, sobretudo na sua aplicação na investigação de acidentes (Adams, 2006). Segundo a *British Royal Flying Corps*, as perdas humanas durante a Primeira Guerra Mundial consideravam-se resultantes de apenas dois fatores: falhas da aeronave e falhas do piloto (Adams, 2006). A grande maioria dos erros eram atribuídos aos pilotos, sendo esta a principal referência aos FH na investigação aeronáutica, dando origem ao termo “Erro do Piloto” (Adams, 2006). Este conceito surgiu extremamente individualizado e desprovido de qualquer relação com fatores externos, como se verificou mais tarde, isto porque, ao admitir as causas dos acidentes como unicamente decorrentes de erros do piloto, nada mais tenderia a ser investigado, para além do porquê destes erros humanos (Adams, 2006). Por outras palavras, tenderia a verificar-se uma tendência para estreitar e/ou reduzir, de forma significativa, o espectro de análise, o que, por sua vez, concorreria para potenciar a condução de investigações muito parciais e, associadamente, a ilação de conclusões insuficientes e/ou incorretas.

Atualmente, as investigações de acidentes tendem a permitir interpretações mais abrangentes dos erros humanos, valorizando o papel dos fatores organizacionais na segurança do operador envolvido em sistemas de risco elevado (Adams, 2006). Segundo Thaden *et al.* (2006), a transposição das causas para o nível organizacional viabiliza a hipótese de correção através da identificação de fatores que podem ser retificados de forma a produzirem um sistema mais tolerante ao erro, proporcionando mudanças positivas na visão de segurança da organização. Ainda assim, não obstante ter-se vindo a assistir a esta intensificação da noção organizacional no contexto da SV, a sua afirmação face ao erro do piloto revela uma certa complexidade, pois os investigadores encontram-se frequentemente mais recetivos e conhecedores das tarefas que a tripulação possa ter errado do que,

propriamente, nos tipos de erros organizacionais que devem ser examinados durante uma investigação (Thaden *et al.*, 2006).

Assim, e no que respeita à investigação dos FH, esta constitui parte integrante do processo global de investigação de uma ocorrência. Deste modo, segue as mesmas etapas que uma investigação tradicional, apesar de ser mais direcionada para os FH (*Human Factors in the Investigation of Accidents and Incidents*, 1998).

Segundo Johnson (2002), os especialistas na *performance* humana da *Canadian Transportation Accident Investigation and Safety Board* (TSB) – entidade responsável pela investigação de ocorrências em diversos meios de transporte, incluindo os transportes aéreos – utilizam a integração de duas abordagens para a investigação dos FH: a abordagem SHELL, a qual será abordada adiante no Capítulo 2.2.1 enquanto uma das principais abordagens de mitigação do erro, e a abordagem *Generic Error-Modeling System* (GEMS) utilizada na identificação dos FH associados aos diversos tipos de erro e antecedentes comportamentais. A abordagem GEMS contribui para revelar as causas responsáveis pela tomada de decisão de um indivíduo ou grupo, permitindo inferir acerca dos fatores presentes no sistema de trabalho que possam ter contribuído para o erro ou ato inseguro.

De seguida serão brevemente descritas outras abordagens que têm vindo a ser testadas na TSB para determinados cenários de acidentes (Johnson, 2002), designadamente as abordagens:

- *Management Oversight Risk Trees Analysis* (MORT);
- *Fishbone Analysis*;
- *Systematic Cause Analysis Technique* (SCAT);
- *Change Analysis*;
- *Why-Because Analysis* (WBA);
- *TapRoot Analysis*;
- *Fault Tree Analysis* (FTA).

O MORT consiste numa árvore lógica que fornece uma abordagem disciplinada de analisar um acidente, que pode servir de guia para os factos a procurar numa investigação (Johnson, 1973). Esta abordagem foi desenvolvida no início dos anos 70 como parte do esforço global de segurança do sistema para o *U.S. Department of Energy* (na altura denominado por *Atomic Energy Commission*) com o

intuito de analisar um sistema ou um acidente de forma sistemática e lógica, bem como de examinar e avaliar informação detalhada acerca do processo de funcionamento interno e o envolvimento administrativo (Ho, [s.d.]).

A Fishbone Analysis consiste num diagrama causa-efeito que pode ser utilizado para identificar as causas potenciais ou reais para um problema de desempenho (WBI Evaluation Group, 2007). Esta abordagem pode ser muito útil na identificação de possíveis causas para um problema, que de outra forma poderiam vira a ser menosprezadas, direcionando a equipa, constituída por peritos com conhecimento acerca dos processos envolvidos no problema a ser investigado, a analisar as categorias e a pensar em causas alternativas (API, [s.d.]).

A SCAT consiste numa abordagem amplamente utilizada para a análise estruturada de incidentes, baseando-se em categorias predefinidas de uma cadeia de eventos e num sistema de orientação no sentido de uma estrutura de um sistema de gestão para ações a serem implementadas (Risk Management Solutions, [s.d.]). Uma análise SCAT refere-se a apenas uma perda (tendo em conta que uma perda pode ser resultado de um ou mais eventos passíveis de alterar o próprio estado do incidente), pelo que se for pretendido analisar mais do que uma perda deve-se utilizar diagramas múltiplos de SCAT (Risk Management Solutions, [s.d.]). Cada evento é analisado através de uma cadeia causal com três tipos de causa: causa direta (interveniente ou condições abaixo do padrão que despoletam o evento), causa básica (fatores pessoais, de trabalho ou sistémicos que juntos proporcionam a ocorrência da causa direta) e falta de controlo (programas padrão inadequados que provocam a ocorrência da causa básica) (Risk Management Solutions, [s.d.]).

A abordagem Change Analysis examina as mudanças planeadas ou não planeadas que causam resultados indesejados, sendo particularmente útil na identificação de causas desconhecidas de acidentes que resultam de mudanças no sistema (U.S. Department of Energy, 2012). Numa investigação de acidentes, esta abordagem é utilizada para examinar um acidente através da análise da diferença entre o que ocorreu antes ou seria esperado e a verdadeira sequência de eventos.

A WBA consiste numa abordagem rigorosa de análise causal do comportamento de sistemas técnicos e sociotécnicos complexos (Ladkin, 2012). A sua principal aplicação é a análise de acidentes, principalmente para sistemas de

transporte (aéreo ferroviário e marítimo) (Ladkin, 2012). A abordagem da WBA começa com a recolha de informação acerca do incidente, a qual será posteriormente utilizada para construir uma lista de factos ou uma *why-because list* (Paul-Stüve, 2005). A análise compreende a construção de um *Why Because Graph* (WBG) que começa com a determinação da ocorrência, seguida pelos *necessary causal factors*, utilizando a *Why-Because List*, até que um certo nível de detalhe seja atingido. Por fim, a qualidade do WBG é assegurada através da deteção e correção dos erros e pode-se escrever um relatório com base no WBG. A abordagem WBA é dividida em oito subprocessos e explicado mediante a notação de fluxograma (Paul-Stüve, 2005).

A TapRoot Analysis consiste numa abordagem de investigação, análise e desenvolvimento de ações corretivas para a resolução de problemas (Paradies *et al.*, 2000). A partir destas investigações e análises, a informação resultante pode ser avaliada através de controlos de processos estatísticos para definir o sistema do utilizador e avaliar as suas tendências de evolução (Skompski, 2004).

O FTA consiste numa das abordagens mais utilizadas, quer em termos qualitativos, quer quantitativos, pela qual as condições e fatores que podem contribuir para um determinado evento indesejável são dedutivamente identificadas, organizadas de forma lógica e representadas pictoricamente (Johnson, 2002). Enquanto abordagem que utiliza uma abordagem *top-down* para a identificação de perigos, é reconhecida como uma das melhores ao nível da identificação sistemática e visualização das diversas formas de falha (NASA, 2000). Esta abordagem permite que um estado indesejável de um sistema (geralmente um estado crítico do ponto de vista da segurança) seja analisado no contexto operacional e do seu meio envolvente para encontrar todas as formas credíveis a partir das quais um evento indesejável pode ocorrer (Vesely *et al.*, 1981).

Mais recentemente, surgem visões distintas acerca da segurança e do erro humano, particularmente na forma como este último se insere no contexto da investigação de acidentes. Neste enquadramento, Dekker (2006) refere que o erro humano:

- Não consiste numa causa da falha, mas sim num efeito, sintoma ou problema profundo;

- Não possui carácter aleatório, mas sim sistémico, relacionado com as características das ferramentas utilizadas, das tarefas e do ambiente operacional;
- Não consiste na conclusão de uma investigação, inserindo-se, ao invés disso, enquanto ponto de partida;
- Pode ser abordado de forma mais descentralizada, englobando não só o *hardware* projetado com o qual os operadores trabalham de forma sistemática por detrás da falha, mas também em termos operacionais e organizacionais, conceitos estes que têm implicações diretas na ação humana.
- Apresenta características estruturais e não pessoais;
- Não constitui, isoladamente, a causa de um acidente, uma vez que as investigações têm revelado a forma como os acidentes têm vindo a ser produto de sistemas em normal funcionamento.

Em termos de segurança, Dekker (2006) considera ainda que os sistemas não são seguros por si só, pelo que as pessoas têm de criá-los através da compreensão das diversas tecnologias, de forma a serem capazes de se adaptar sob pressão e a atuar sob determinada incerteza. A segurança não constitui o único objetivo nos sistemas operados por pessoas, pelo que se devem considerar todas as múltiplas pressões decorrentes dos mais variados objetivos, tais como a calendarização, competição, serviço customizado e imagem pública (Dekker, 2006).

Após uma breve descrição da importância dos FH na investigação de acidentes, afigura-se lícito concluir que a evolução das abordagens de segurança advém de uma alteração no paradigma da aviação, no qual a aeronave deixa de constituir o elo mais fraco e os acidentes atribuídos a falhas catastróficas dos aparelhos são muito raros. Neste enquadramento, a redução do rácio de acidentes implica uma análise mais detalhada sobre as causas humanas nas ocorrências aeronáuticas. Independentemente do mecanismo, os esforços no sector da SV poderão beneficiar se primarem pela compreensão da natureza dos FH nos acidentes aeronáuticos, a qual apenas pode ser realizada mediante uma análise interpretativa das bases de dados dos acidentes existentes. Um objetivo cuja prossecução poderá ser catalisada mediante a criação de uma estrutura geral do erro humano, sobre a qual, posteriormente, se podem desenvolver novos métodos de investigação e

restruturar as bases de dados de acidentes existentes (Wiegmann *et al.*, 2003). Assim, a estrutura geral do erro serve também como fundamento para o desenvolvimento e rastreio das estratégias de intervenção, de forma a que estas possam ser modificadas ou reforçadas para melhorar a segurança (Wiegmann *et al.*, 2003).

2.1.4 Segurança de Voo

Os voos pioneiros realizados nos primórdios do século XX originaram o nascimento do conceito “segurança de voo” (Cruz, 2015). Deste modo, esta área foi-se desenvolvendo de forma a acompanhar o avanço tecnológico e as novas necessidades que foram surgindo, de tal forma que hoje constitui uma importante área de pesquisa e de desenvolvimento no ramo.

Segundo Cruz (2015), a compreensão do progresso da SV deve ser feita mediante a sua análise histórica dividida em três períodos, diferentes, a saber: era técnica (entre 1903 e finais dos anos 60); era dos FH (entre o início dos anos 70 e meados dos anos 90); era organizacional (iniciada após a década de 80 e tem-se vindo a prolongar até à presente data).

De uma forma mais detalhada (Cruz, 2015), na era técnica assistiu-se:

- Ao desenvolvimento acelerado das condições e características de voo, superando-se as limitações tecnológicas inicialmente existentes;
- A uma grande evolução na atividade aérea, suportada por novas tecnologias e apoiada pela experiência dos erros anteriores, atingindo um patamar superior de segurança;
- A uma diminuição gradual dos acidentes aéreos, principalmente devido às melhorias tecnológicas até então já alcançadas;
- Ao alargamento dos processos de SV, através da melhoria na regulamentação e fiscalização.

No que respeita, por sua vez, à era dos FH (Cruz, 2015), iniciada com a afirmação da aviação como meio de transporte extremamente seguro, os avanços tecnológicos e a procura incessante pela diminuição dos acidentes em voo resultaram

no alargamento dos conceitos relacionados com a SV, sendo vários os estudos que demonstraram que:

- Os FH e a interação homem-máquina têm um papel importante na SV;
- Os fatores humanos e materiais e as técnicas de mitigação do erro, ainda que alvo de elevados investimentos, não conseguiram eliminar completamente as falhas na *performance* humana como fator recorrente nos acidentes aéreos.

Uma era caracterizada, assim, pela tendência no estudo dos FH aplicados ao indivíduo alienado do contexto organizacional e operacional (Cruz, 2015). Uma mudança efetiva de mentalidade nesta matéria só ocorreu no início dos anos 90, quando se reconheceu que os indivíduos operavam num ambiente complexo, abrangente e com múltiplos fatores com potencial de afetar o seu comportamento – ou seja, a era organizacional, também conhecida como era de informação (Cruz, 2015), constituída pelos seguintes factos:

- Resultou da evolução tecnológica, com o acesso rápido ao enorme fluxo de informação, o que ditou a necessidade de modificação estrutural e concetual das organizações tradicionais herdadas da era industrial;
- O novo modelo organizacional define a forma como as tarefas são formalmente distribuídas, agrupadas e coordenadas, pelo que cada organização escolhe o seu modelo de acordo com os seus objetivos e estratégias;
- A SV adaptou-se a esta nova realidade, quer ao nível dos operadores aéreos quer das FAA, passando a ser analisada segundo uma perspetiva sistémica que engloba os fatores organizacionais, humanos e técnicos;
- Introduziu-se a “noção de acidentes organizacionais, considerando o impacto da cultura organizacional na eficácia do controlo dos riscos associados à segurança de voo.” (p.7).

Assim, enquanto nas eras técnica e dos FH, a procura de indícios durante o decorrer de um processo de investigação de um acidente aéreo, bem como a respetiva análise, encontrava-se limitada às informações obtidas durante a fase de investigação, a era organizacional procurou uma aproximação ao conceito de gestão da SV, mediante uma análise frequente dos fatores que afetam a segurança,

utilizando metodologias proactivas e reativas, capazes de monitorizar permanentemente os riscos conhecidos de forma a detetar antecipadamente os fatores emergentes da SV (Cruz, 2015). Segurança esta cujo significado foi evoluindo com o passar do tempo, definindo-se hoje como a “situação em que a possibilidade de causar danos a pessoas e/ou materiais é mantida a um nível baixo ou aceitável, através de um processo contínuo de identificação de danos e uma correta gestão de risco de segurança.” (Cruz, 2015, p.8).

Para finalizar esta compreensão do progresso da SV, refere Cruz (2015), que atualmente as companhias de aviação comercial e as forças aéreas detêm uma estrutura organizacional fortemente marcada pelos conceitos provenientes da era organizacional.

2.2 Abordagens de Classificação/Mitigação do Erro

A compreensão dos FH tem vindo a ser suportada por um vasto leque de abordagens, que tem permitido uma melhoria nos padrões de SV ao nível da manutenção e da operação no ramo aeronáutico. Neste seguimento, o presente subcapítulo apresenta uma breve análise de algumas das abordagens de SV, a saber, abordagem:

- SHELL;
- *Crew Resource Management (CRM)*;
- *Swiss Cheese Model (SCM)*;
- PEAR;
- Just Culture;
- *Dirty Dozen*;
- Maintenance Error Decision Aid (MEDA);
- HFACS.

Um conjunto de oito abordagens que partilha um denominador preponderante para a interpretação das ocorrências, denominado por erro, o qual compreende as ações ou inações, não intencionais, da tripulação capazes de originar desvios das intenções e das expetativas organizacionais ou da própria tripulação (Maurino, 2005). Para uma melhor compreensão, apresenta-se a noção de erro segundo as suas principais formas de categorização e tipologia, abordadas por diferentes autores.

Segundo Maurino (2005), o erro, enquanto resultado de um incumprimento não intencional, divide-se em três categorias: erro de manuseamento da aeronave (p. ex. manuseamento inadequado dos controlos da aeronave ou utilização incorreta dos sistemas automáticos), erro de procedimento (p. ex. realização incorreta do *briefing* ou falha na utilização do *checklist*) e erro de comunicação (p. ex. interpretação incorreta das instruções rádio ou falha na comunicação entre tripulantes). Neste sentido, Maurino (2005) sublinha a importância de distinguir erro de ameaça (ambiental ou organizacional), definindo esta última como uma situação na qual a tripulação não consegue exercer controlo, constituindo eventos que se traduzem num aumento da complexidade operacional, pelo que devem ser geridos de forma a garantir a manutenção das margens de segurança (Maurino, 2005).

Para além das categorias de erro acima enunciadas, importa referir outras, tal como a que foi realizada por Reason (1990), ao nível do erro e violação, e os seus respetivos subgrupos, *slips* e *mistakes*, e, rotina e excecionais (Embrey, [s.d.]). Estes conteúdos serão abordados com maior detalhe no Capítulo 2.2.3.

Por seu lado, Riley *et al.* (2008) categorizam o erro em ativo e latente, entendendo por erro ativo a atividade específica e individual que se traduz num evento evidente e por erro latente os problemas organizacionais que proporcionam as condições para esse mesmo evento, respetivamente. A título de exemplo, tem-se a utilização de uma escada por parte de um técnico de manutenção para realizar uma reparação, com a queda da escada a consistir um erro ativo enquanto que o facto de a escada estar danificada e a inação por parte de quem a deveria ter substituído constitui o erro latente (Riley *et al.*, 2008).

2.2.1 SHELL

Em 1972, Edwards (cit. por EDWARDS, Kozuba - The Role of The Human Factor in Maintaining the Desired Level of Air Mission Execution Safety, p.7) prestou o seu contributo para a compreensão dos FH ao conceber uma abordagem capaz de ilustrar as interações entre o Homem e os sistemas aeronáuticos, no contexto organizacional e operacional, denominada por SHELL (Figura 4).

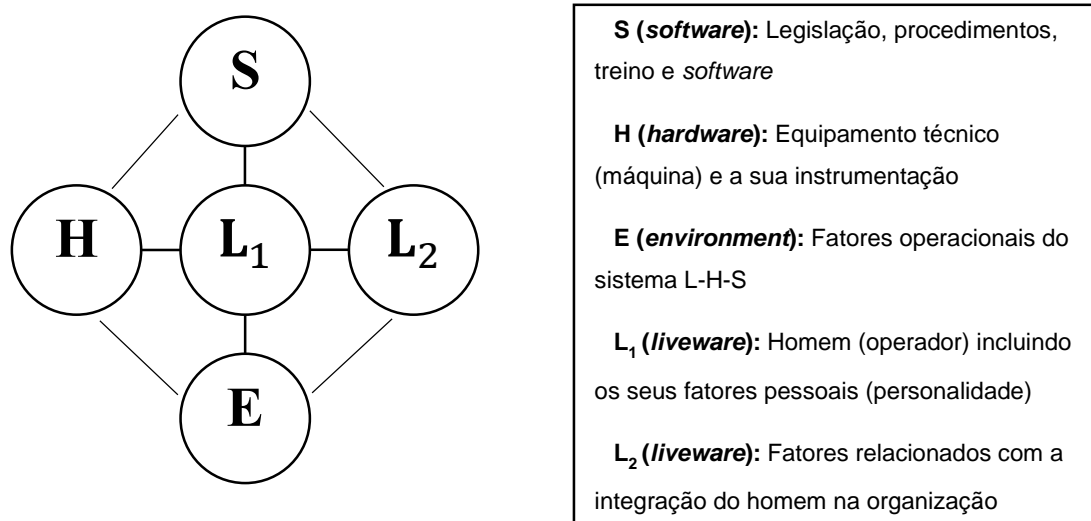


Figura 4 – Abordagem SHELL (adaptado pelo autor a partir de Kozuba, 2013, p.7)

A abordagem veio a sofrer alterações, aquando da introdução do elemento L_2 por Hawkins em 1975, assumindo o formato atual (Kozuba, 2013). O elemento L_1 considera-se menos previsível e fidedigno comparativamente com os dispositivos certificados no ambiente de trabalho aeronáutico, devido ao facto do ser humano possuir determinadas capacidades e limitações (Kozuba, 2013).

A abordagem SHELL descreve as interações entre o elemento central L_1 e os restantes componentes (S, H, E e L_2), mas não as interações fora das áreas diretamente relacionadas com os FH, i.e. S-H, S-E e H-E. De forma um pouco mais detalhada, explica Kozuba (2013):

- O Homem, enquanto elemento central (L_1), encontra-se suscetível a adaptações ao ambiente envolvente, o qual inclui procedimentos em ambiente de treino (S), equipamento técnico em ambiente de trabalho (H), ambiente de trabalho no seu contexto mais amplo (E) e os indivíduos de uma organização aeronáutica (L_2).
- Uma falha entre o Homem e os outros quatro elementos, nas eventuais interações sucedidas, origina o erro humano, durante a preparação ou execução das operações aéreas.

Em termos da aplicação prática desta abordagem, apresenta-se como exemplo o caso da TAP, em que a abordagem é objeto de estudo e análise nos cursos

que são ministrados pela companhia aos seus colaboradores ao longo de um programa de formação de 6 horas (Leite, 2016).

2.2.2 Crew Resource Management (CRM)

Na década de 1970, o acidente ocorrido no voo 173 da *United Airlines* com um DC-8, em Portland, no qual a aeronave ficou sem combustível enquanto a tripulação verificava uma anomalia no trem de aterragem, proporcionou recomendações resultantes das investigações, por parte da *National Transportation Safety Board* (NTSB), que resultaram na criação, pela própria companhia aérea, do *Cockpit Resource Management*, uma abordagem de treino para melhorar a comunicação entre membros da tripulação presentes no *cockpit* (Gomes, 2010). Posteriormente, esta abordagem foi alargada à tripulação e, como tal, designada por *Crew Resource Management* (CRM), com o objetivo de proporcionar uma gestão mais eficaz dos recursos dentro e fora do *cockpit* (cit. por TAYLOR, Gomes - Factores Humanos em Manutenção de Aeronaves, p.79).

Como tal, o CRM consiste num modo de “gestão que procura otimizar a utilização dos recursos disponíveis (equipamento, procedimentos e indivíduos) para promover a segurança e aumentar a eficiência das operações aéreas” (Flight, 2015). A otimização da *performance* humana e a redução do erro humano, enquanto objetivos propostos por esta abordagem, encontram-se suportados, segundo a *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) (2015), por cinco competências do CRM (Figura 5): comunicação, tomada de decisão, *team building*, gestão da carga de trabalho e *situational awareness*.



Figura 5 – Competências do CRM (adaptado pelo autor a partir de JAXA, 2015)

O CRM foca-se principalmente nas capacidades cognitivas e interpessoais necessárias para gerir o voo no contexto de um sistema aeronáutico organizado, em detrimento do simples conhecimento técnico e das capacidades necessárias para voar e operar uma aeronave (Flight, 2015). Neste contexto, as capacidades (Flight, 2015):

- Cognitivas, definem-se enquanto processo mental utilizado com a finalidade de adquirir e conservar a *situational awareness* para a resolução de problemas e tomada de decisões.
- Interpessoais, associam-se às comunicações e diversas atividades comportamentais associadas com o trabalho em equipa. De notar que estas capacidades, aglutinadas no CRM, não se encontram confinadas à operação de aeronaves *multi-crew*, envolvendo também as operações no solo, com o intuito de completar as suas missões com sucesso.

Para finalizar, o treino CRM para as tripulações tem sido desenvolvido pelas organizações aeronáuticas, incluindo companhias aéreas, como o caso da TAP (Leite, 2016), e forças aéreas a nível mundial, como o caso da FA (Valente *et al.*, 2016) e da USAF (Jones, 2012), constituindo atualmente um requisito obrigatório para os pilotos comerciais e militares (Flight, 2015).

2.2.3 Queijo Suíço de Reason

O *Swiss Cheese Model* (SCM) teve a sua origem em 1987 durante a elaboração do livro *Human Error* de James Reason, fortemente motivado pela vaga de desastres ocorridos entre os finais dos anos 70 e a década de 80, entre os quais os acidentes de *Flixborough*, *Challenger* e *Chernobyl* (Reason *et al.*, 2006). Estes acidentes, ocorridos em ambientes complexos, impulsionaram o autor a compreender de que forma os FH contribuíram para a rotura destes sistemas, criando uma sequência de quatro patamares: influências organizacionais, supervisão inadequada, condições para atos inseguros e atos inseguros (Reason *et al.*, 2006). A abordagem causal SCM (Figura 6), fazendo um paralelo às defesas do sistema humano, por um lado, e ao esburacado do queijo suíço, por outro (EUROCONTROL, 2013), preconiza (Khalighi, 2007):

- Que um sistema ideal deve possuir barreiras de defesa contra falhas (analogamente a camadas de «queijo»);
- Quando, por alguma razão, as defesas não atuam (analogamente ao alinhamento dos orifícios do “queijo suíço”) há oportunidade para falhar, permitindo que o erro atravessasse as várias camadas culminando num resultado indesejável.

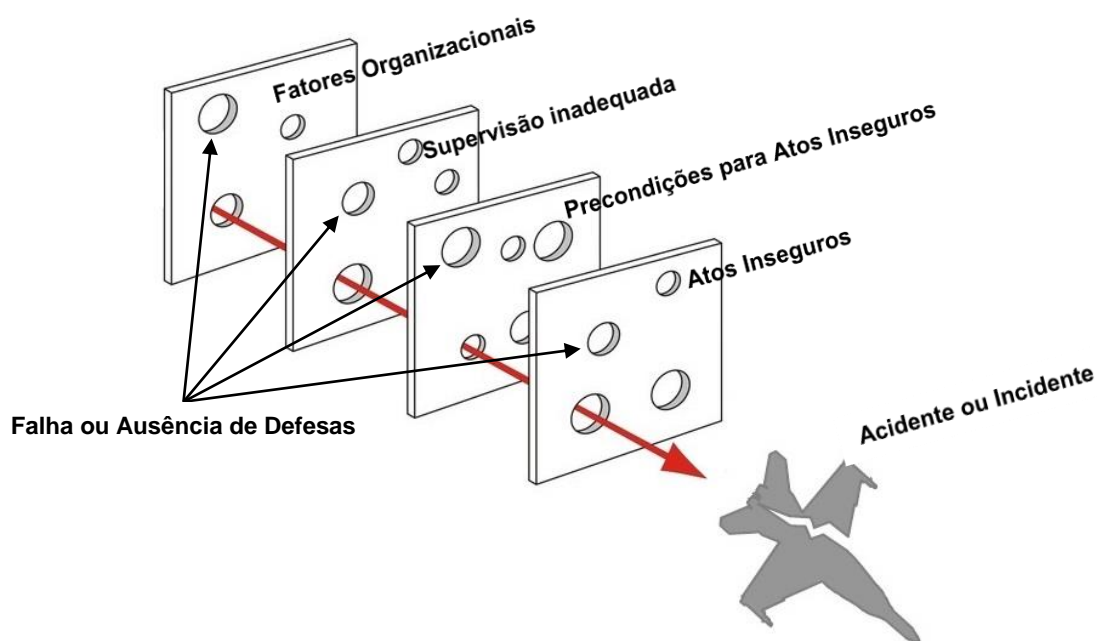


Figura 6 – Esquema do SCM (adaptado pelo autor a partir de IFSO, 2014, p.26)

Segundo James Reason (1990), a falha humana encontra-se dividida em grupos específicos (Erros, subdividido em *Slips* e *Mistakes*, e Violações), adaptados às características próprias que estiveram na base da ação ou inação humana.

O SCM apresenta os erros segundo “ações, ou inações, intencionais, que falham ao não alcançar o seu propósito” (Airbus, 2005, p.2), nas quais não se incluem os movimentos involuntários, por exemplo, os reflexos. O grupo das violações engloba as ações intencionais que violam regras, procedimentos ou normas (Airbus, 2005). Assim, a principal diferença entre o erro e a violação concentra-se no facto, desta última, constituir uma ação deliberada e consciente. Os erros, podem ser subdivididos em *slip* e *mistake* (Airbus, 2005). O primeiro abrange as falhas na execução de uma ação pretendida, enquanto o segundo compreende as falhas no planeamento, ou seja, mesmo que o plano fosse executado corretamente não seria possível alcançar com sucesso o objetivo pretendido (Airbus, 2005).

A gestão eficaz dos erros e das violações implica a aplicação contínua de melhorias sistemáticas ao nível organizacional e a ausência total de violação nas operações deve tornar-se parte natural da cultura corporativa (Airbus, 2005). O SCM revolucionou a investigação de acidentes a nível mundial, no entanto é importante não esquecer que o mesmo deve ser compreendido enquanto abordagem e nunca enquanto técnica de investigação, que inclusive, pode não ser universalmente aplicável (University of New South Wales, 2013).

Em termos da aplicação prática desta abordagem, apresenta-se como exemplo o caso da TAP que inclui o SCM no conteúdo que leciona aos seus colaboradores (Leite, 2016).

2.2.4 PEAR

Os programas de FH na área da manutenção aeronáutica têm vindo a desenvolver-se de forma a dotar as organizações de recursos de excelência (Johnson *et al.*, 2007). Neste âmbito, surge a aplicação da mnemónica PEAR (*People, Environment, Actions, Resources*) que simplifica o reconhecimento e mitigação dos FH (Figura 7) ao focar-se em quatro campos relevantes para os programas de FH: os

indivíduos que realizam as tarefas, o seu ambiente de trabalho, as suas ações e os recursos necessários para completar as tarefas (Johnson *et al.*, 2007).

Segundo Johnson *et al.* (2007), a abordagem PEAR (Figura 7) trata-se de uma abordagem simples e relativamente fácil de implementar em organizações aeronáuticas, visto caracterizar objetivamente, e conforme presente na Figura 7, as áreas que carecem de maior atenção, permitindo assim a redução dos erros e a melhoria do *Safety Management System* (SMS).



Figura 7 – Esquema representativo da abordagem PEAR (adaptado pelo autor a partir de Johnson e Maddox, 2007, p.2)

Conforme mencionado por Johnson *et al.* (2007), a mnemónica e os conceitos inerentes têm vindo a ser utilizados ao longo das últimas duas décadas por companhias aéreas de todo o mundo, como é o caso da Lufthansa, que tem utilizado esta abordagem para treino desde 1995.

2.2.5 Just Culture

A segurança beneficia de um ambiente no qual a informação seja reportada por iniciativa própria, fiável e esteja disponível para ser discutida a diferentes níveis na organização (Best in Flight, [s.d.]). Este conceito de segurança, denominado *Just Culture*, caracteriza-se por um “ambiente de confiança no qual as pessoas são

encorajadas e, em alguns casos, recompensadas por fornecerem informação relacionada com a segurança” (cit. por REASON, Gain Working Group E - A Roadmap to A Just Culture: Enhancing the Safety Environment, p.4). Nesta abordagem, a expressão *Just* constitui um sinónimo de justiça (Best in Flight, [s.d.]).

Segundo Parker (s.d.), a abordagem *Just Culture* assenta na premissa que os indivíduos não devem ser punidos por atos, omissões ou decisões tomadas pelos próprios e que sejam condizentes com a sua experiência e treino, ainda que resultem num evento passível de ser reportado; no entanto, negligências graves, violações intencionais e atos destrutivos não são tolerados. Desta forma, esta abordagem realça a importância da construção de confiança, mediante a qual quem reporta necessita de acreditar que, ao fazê-lo, não será punido nem processado pela sua entidade empregadora e que o seu reporte permanecerá confidencial (Parker, [s.d.]). Tal pode ser adquirido através de legislação e material de orientação, publicidade, treino e comunicação (Parker, [s.d.]). Neste seguimento, Reason (1998) refere que cada indivíduo encontra-se ciente acerca da diferença entre ações aceitáveis e inaceitáveis, bem como que a vasta maioria dos comportamentos que originaram erros podem ser reportados sem medo de represálias.

Os valores da abordagem *Just Culture* implicam a compreensão do paradigma entre uma cultura de aprendizagem e uma cultura de culpabilização, segundo o qual se coloca a seguinte questão: “existe maior benefício em reduzir os acidentes através da aprendizagem com base nas ocorrências passadas (mediante a existência de uma cultura de reporte voluntário) ou através da punição do infrator com o objetivo de impedi-lo de voltar a cometer erros no futuro? A ameaça de disciplina melhora a consciência dos riscos, ou, pelo menos, aumenta o seu interesse em avaliar o risco? O operador pode reportar em segurança sempre que cometer um erro, para que a organização possa aprender com a ocorrência?” (GAIN Working Group E, 2004, p.13).

De seguida, apresentam-se os benefícios da implementação da abordagem *Just Culture* (GAIN Working Group E, 2004):

- Aumento do número de reportes: a *Just Culture* pode levar, não só ao aumento do número de reportes, com também à identificação de tendências que podem fornecer uma oportunidade para solucionar os

problemas de segurança. A falta de reportes de ocorrências não constitui um indicador de uma operação segura, uma vez que os reportes de ocorrência, ao destacarem as questões de segurança prioritárias, devem ser analisados enquanto indicador saudável para a segurança;

- Construção de confiança: o processo de clarificar a distinção entre comportamento aceitável e inaceitável, quando feito corretamente e através de um ambiente colaborativo, proporciona o contacto entre os membros da organização que normalmente estão pouco familiarizados com as políticas da tomada de decisão e, ao compreender os limites estabelecidos para as ações passíveis de punição, melhora a confiança que constitui o cerne da implementação da *Just Culture*. É expectável, portanto, que esta abordagem aumente a confiança dos operadores no sentido da priorização da segurança em detrimento do interesse em atribuir culpas, reforçando os valores e a visão da organização no que respeita à necessidade de colocar a segurança à frente de todos os aspetos operacionais;
- Melhoria na eficácia da gestão operacional e de segurança: é expectável que a *Just Culture* melhore a eficácia da organização através da definição das expectativas de desempenho no trabalho, do estabelecimento de orientações claras no que respeita às consequências de comportamentos indesejáveis e da fomentação da revisão de políticas e procedimentos.

Em termos da aplicação prática desta abordagem em Portugal, apresenta-se como exemplo o caso do Operador de Jatos Executivos. Segundo (Cabaço *et al.*, 2016), o Operador de Jatos Executivos qualifica a *Just Culture* como uma das abordagens mais complicadas de aplicar, em termos da implementação de práticas de segurança. Não obstante, considera a sua implementação vital, devendo ser integrada a todos os níveis da empresa, desde a gestão de topo aos funcionários na base da cadeia hierárquica (Cabaço *et al.*, 2016). No contexto militar, a FAI constitui um exemplo da aplicação prática da *Just Culture*, sendo esta a sua abordagem de SV em atualmente em vigor (Dishon, 2016).

2.2.6 Dirty Dozen

Fortemente motivado pelo elevado número de acidentes e incidentes relacionados com a manutenção aeronáutica ocorridos entre o final de 1980 e o início de 1990, Gordon Dupont concebeu a abordagem *Dirty Dozen* com o intuito de divulgar os doze FH que provocam uma diminuição na capacidade humana para executar as suas tarefas de uma forma segura e eficaz, resultando em erros de manutenção (Riley *et al.*, 2008). Atualmente, a ubiquidade deste termo, tanto ao nível do voo como da manutenção, constitui prova do sucesso da abordagem (Koh *et al.*, 2012).

A abordagem *Dirty Dozen* atribui as causas principais do erro humano à falta de: comunicação, trabalho em equipa, assertividade, conhecimento, recursos e vigilância, bem como, complacência, distração, fadiga, pressão, *stress* e normas (Johnson *et al.*, 2008). Sendo que a ocorrência do erro pode resultar de um, ou geralmente, da combinação das causas acima enumeradas (Dupont, [s.d.]).

Riley *et al.* (2008) realça a importância da compreensão dos doze FH conjuntamente com as interações entre os fatores organizacionais, do grupo de trabalho e pessoais que podem causar erros e acidentes, para que se possa preveni-los no futuro.

No que respeita à aplicabilidade teórica da abordagem *Dirty Dozen* à manutenção da FA, verifica-se que a complacência constitui o principal fator para a ocorrência de falhas (Prieto, 2013).

Em termos da aplicação prática desta abordagem em Portugal, apresenta-se como exemplo o caso da TAP que utiliza os *Dirty Dozen* desde 1996, data em que a companhia aérea nacional iniciou o seu percurso no domínio dos FH, com formações ministradas por Gordon Dupont (Leite, 2016).

2.2.7 Maintenance Error Decision Aid (MEDA)

A abordagem *Maintenance Error Decision Aid* (MEDA) consiste numa forma “estruturada de investigar acidentes causados pelo técnico de manutenção ou pelo inspetor de produção” (Commercial Aviation Services, 2013, p.1). Esta abordagem (Figura 8) foi concebida pela Boeing em 1992, segundo a filosofia de que os erros de

manutenção resultam de uma série de fatores contributivos (Figura 8), os quais se encontram claramente sob controlo e, como tal, podem ser melhorados com o intuito de prevenir a ocorrência de eventos semelhantes no futuro (Rankin, 2000).

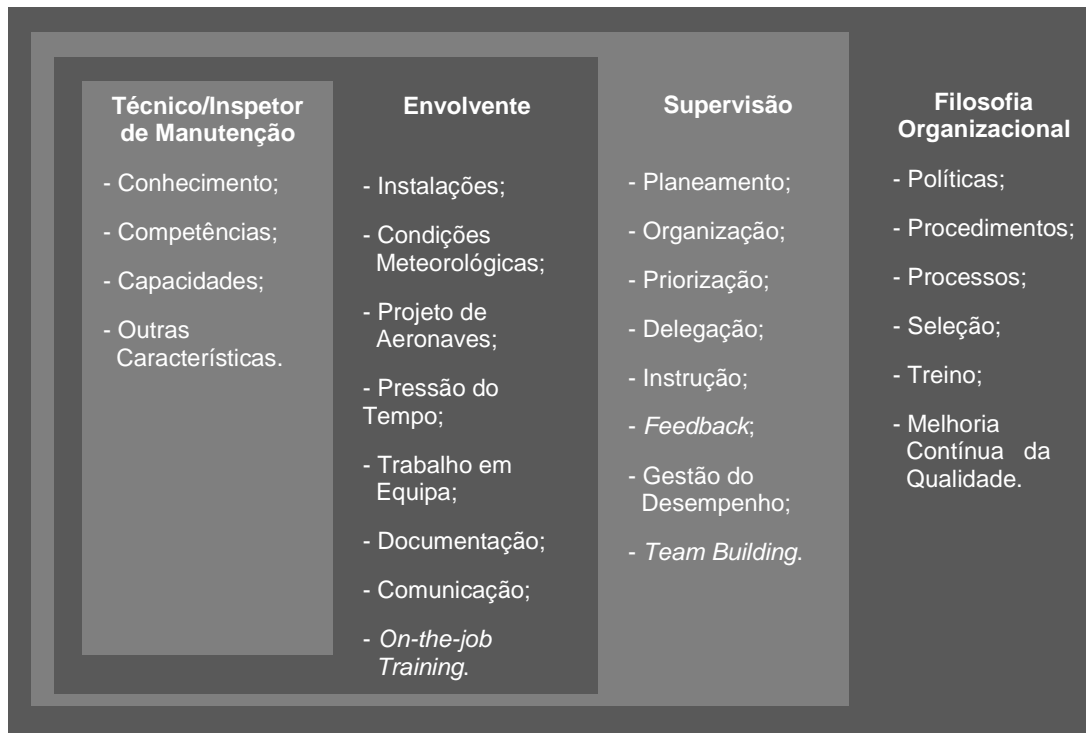


Figura 8 – Fatores contributivos para o desempenho na manutenção (adaptado pelo autor a partir de Commercial Aviation Services, 2013, p.4)

Segundo Rankin (2000), ao longo dos últimos anos, tem-se vindo a assistir a uma alteração na designação do MEDA, enquanto abordagem de investigação do erro, para processo de investigação da ocorrência. Tornou-se, portanto, claro que as ocorrências causadas pelos técnicos de manutenção ou pelos inspetores de desempenho contêm tanto uma componente do erro como uma componente de incumprimento (violação) dos regulamentos, políticas e procedimentos (Rankin, 2000).

O diagrama de ocorrência do MEDA (Figura 9) é composto por fatores contributivos, erros e/ou violações, falhas do sistema e ocorrência final. Para uma melhor compreensão, os fatores contributivos, representados na Figura 9 por “FC”, consistem em “algo capaz de afetar a forma como um técnico de inspeção ou um inspetor realiza o seu trabalho” (Commercial Aviation Services, 2013, p.4).

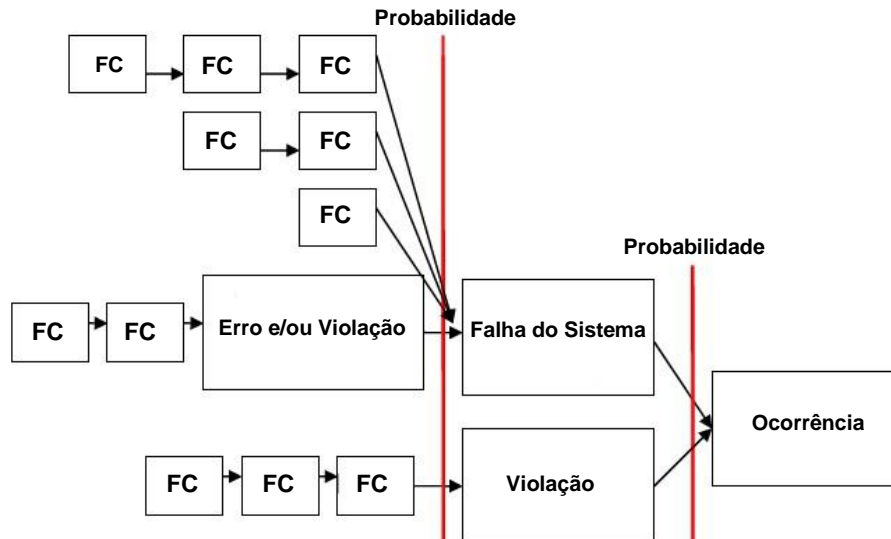


Figura 9 – Diagrama de ocorrência *MEDA* (adaptado pelo autor a partir de Commercial Aviation Services, 2013, p.9)

O *MEDA* fornece ao operador um processo composto por cinco etapas (Rankin, [s.d.]):

- Evento: a manutenção tem a responsabilidade de selecionar os eventos causados pelo erro, que serão posteriormente investigados;
- Decisão: aquando da resolução do problema e da aeronave estar operacional, o operador toma uma decisão: a ocorrência esteve relacionada com a manutenção? Se sim, o operador efetua uma investigação *MEDA*;
- Investigação: o operador executa uma investigação utilizando o formulário de resultados *MEDA*. O investigador treinado utiliza o formulário para registar informação geral acerca da aeronave, incluindo a data da manutenção e da ocorrência, a ocorrência que desencadeou a investigação, o erro ou violação que causaram a ocorrência, os fatores contributivos e uma lista de possíveis estratégias preventivas;
- Estratégias preventivas: o operador revê, prioriza, implementa e depois planeia estratégias preventivas;
- *Feedback*: o operador fornece *feedback* aos técnicos de manutenção, de forma a divulgar quais as alterações feitas ao sistema como resultado do processo *MEDA*.

Em termos da aplicação prática desta abordagem, apresenta-se como exemplo o caso da TAP. A transportadora aérea nacional investiga, anualmente, entre 10 a 15 investigações pesadas com recurso à análise MEDA (Leite, 2016).

2.2.8 Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)

O HFACS apresenta uma abordagem sistemática e multidimensional à análise do erro e à prevenção de ocorrências (Department of Defense, [s.d.]):

- Os incidentes e acidentes resultam de fatores individuais e organizacionais, que são posteriormente categorizados como causais ou contributivos;
- Os indivíduos cujas ações tenham impacto na ocorrência devem ser identificados como *mishap persons* e investigados de uma forma sistemática e orientada;
- Os atos e condições para atos inseguros são identificados como *personal level*, conforme definido pelo *Air Force Safety Automated System (AFSAS)*, tendo em conta o contexto no qual estes atos e condições ocorrerem definirá a sua categorização enquanto fatores organizacionais e de supervisão, sendo identificados como *mishap level*;
- Os nanocódigos do contexto da ocorrência são atribuídos à ocorrência em questão, em detrimento do indivíduo em causa;
- Os investigadores dispõem de um guia de utilização do HFACS que, através da realização de um conjunto de questões, orienta o investigador na escolha das possíveis causas.

Como tal, o HFACS privilegia a análise estruturada do erro humano, devido às suas características detalhadas, completas e com foco operacional, possibilitando a resposta ao “porquê” através de uma determinação mais precisa das causas e de uma gestão do risco mais efetiva, bem como, uma aplicação intuitiva a novas ocorrências e reportes anteriores (Department of Defense, [s.d.]).

Com base em diversos fundamentos resultantes da abordagem de James Reason, abordados no Capítulo 2.2.3, o HFACS tem sido utilizado pela USAF

(Shappell *et al.*, 2000) para classificação e análise dos FH, enquanto abordagem que, de certa forma, complementa o SCM ao definir os orifícios do «queijo» (Wiegmann *et al.*, 2003). O HFACS foi desenvolvido para identificar as falhas latentes e ativas inerentes ao SCM, sendo utilizado enquanto ferramenta de investigação e análise de acidentes e incidentes. Trata-se de uma abordagem que foi sendo aprimorada com base na análise de centenas de relatórios de acidentes contendo causas humanas (Wiegmann *et al.*, 2003).

De seguida, apresenta-se uma breve descrição, segundo Shappell *et al.* (2000), das principais categorias e subcategorias que podem ser consideradas causais, de acordo com a nomenclatura originalmente concebida para a *U.S. Navy/Marine Corps*, complementadas pela apresentação de vários exemplos no Apêndice A.

Relativamente aos atos inseguros (Figura 10) de uma tripulação, estes podem ser classificados em duas categorias: erros e violações (cit. por REASON, Shappell *et al.* - *The Human Factors Analysis and Classification System*, p.3). Os erros representam as atividades físicas ou mentais dos indivíduos que falham na obtenção do resultado pretendido. As violações, por outro lado, referem-se a incumprimentos deliberados das regras e regulamentos que regem com implicações na SV. Ainda assim, a distinção entre erro e violação não proporciona o nível de detalhe essencial na maioria das investigações de acidentes, razão pela qual estas categorias se subdividem em erros de perícia, decisão e perceção, e, violações rotineiras e excepcionais. Os exemplos referentes à presente categoria podem ser analisados de forma resumida no Quadro A.1 do Apêndice A.

No que diz respeito aos erros verifica-se que os erros de perícia estão associados a capacidades básicas de pilotagem, como por exemplo a atuação dos comandos de voo; os erros de decisão estão associados a escolhas por parte da tripulação ou inações e ocorrem quando a tripulação não tem conhecimento ou não escolhe a opção certa; por fim, os erros de perceção estão associados a fenómenos de degradação do estímulo sensorial (Shappell *et al.*, 2000).

As violações, por sua vez, podem classificar-se em rotineiras ou excepcionais, as primeiras são normalmente toleradas pela autoridade competente enquanto as

segundas são ocasionais e normalmente não revelam um padrão (Shappell *et al.*, 2000).

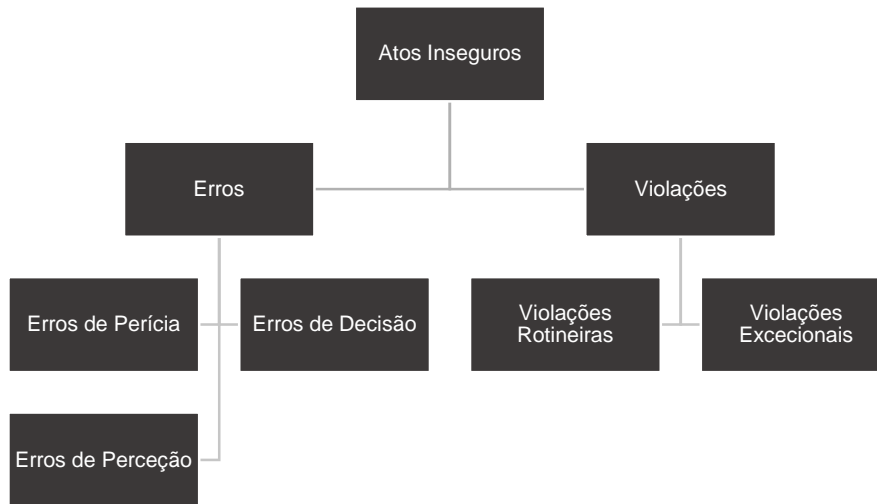


Figura 10 – Esquema representativo da categoria dos atos inseguros do HFACS (adaptado pelo autor a partir de Wiegmann e Shappell, 2003, p.71)

As precondições para atos inseguros compreendem as causas dos atos inseguros e diversificam-se de acordo com a Figura 11 e com os respetivos exemplos do Quadro A.2 do Apêndice A.

Relativamente às condições dos operadores o estado mental adverso diz respeito às condições que afetam a *performance*; o estado fisiológico adverso relaciona-se com as condições médicas ou fisiológicas que impedem a operação segura; as limitações físicas/mentais compreendem as situações em que os requisitos da missão excedem as capacidades individuais no controlo da aeronave (Shappell *et al.*, 2000).

No campo dos fatores pessoais, tem-se a gestão inadequada dos recursos pela tripulação, que envolve as capacidades de comunicação e coordenação em equipa e a prontidão do pessoal, que diz respeito à falta de preparação física e mental para execução das tarefas incumbidas (Shappell *et al.*, 2000).

Os fatores ambientais incluem o ambiente físico, quer a nível operacional quer a nível ambiental, bem como o ambiente tecnológico, no que respeita ao *design* de equipamentos e controlos, características do *display/interface*, disposição da informação do *checklist* e automatização (Shappell *et al.*, 2000).

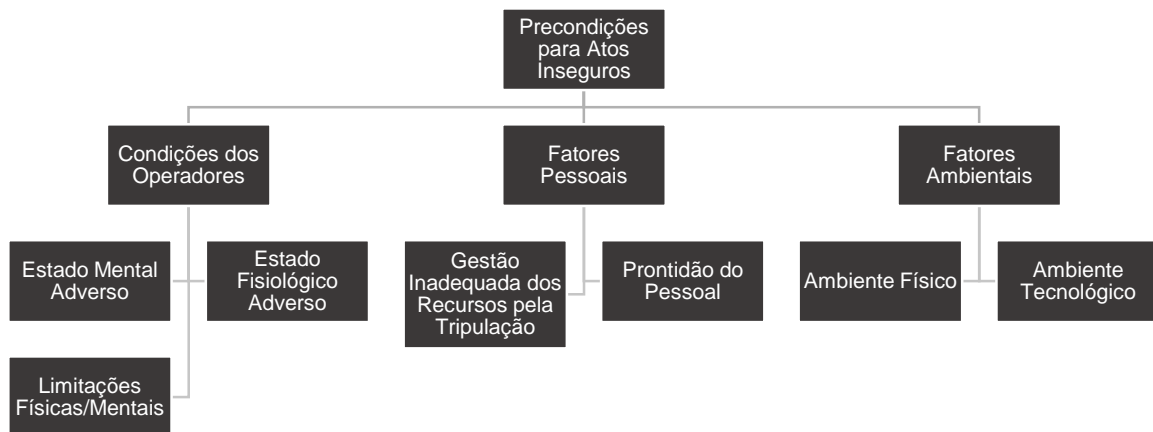


Figura 11 – Esquema representativo da categoria das precondições para atos inseguros do HFACS (adaptado pelo autor a partir de Wiegmann e Shappell, 2003, p.71)

De acordo com o SCM abordado no Capítulo 2.2.3, James Reason (1990) traçou a cadeia causal de eventos incluindo a supervisão, pelo que no HFACS se identificam as categorias de supervisão inadequada (Figura 12) e os respetivos exemplos (Quadro A.3) do Apêndice A: a supervisão inadequada compreende as situações nas quais o supervisor, enquanto responsável por facultar a oportunidade para alcançar o sucesso, deve, independentemente do nível de operação, fornecer orientação, oportunidade de treino, liderança, motivação e agir de forma exemplar; o planeamento inadequado das operações refere-se às situações em que as circunstâncias operacionais comprometem o descanso da tripulação e, conseqüentemente, a sua *performance*; a falha na correção de um problema conhecido abrange falhas em áreas relacionadas com a segurança que ao serem do conhecimento do supervisor são, ainda assim, permitidas; as violações na supervisão abrangem as instâncias em que, existindo regras e regulamentos, estes são intencionalmente ignorados pelos supervisores (Shappell *et al.*, 2000).

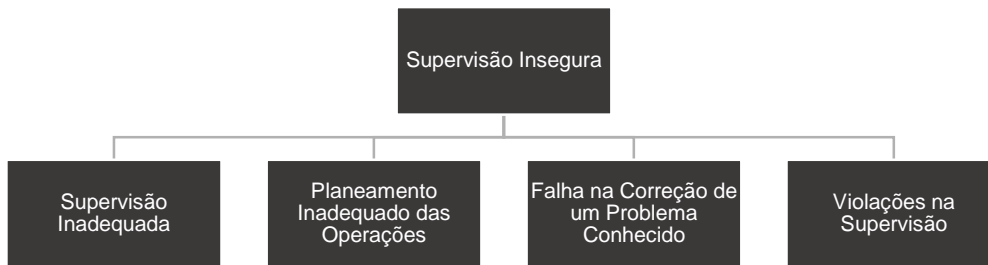


Figura 12 – Esquema representativo da categoria da supervisão inadequada do HFACS (adaptado pelo autor a partir de Wiegmann e Shappell, 2003, p.71)

De acordo com a categoria da influência organizacional (Figura 13) e respetivos exemplos (Quadro A.4) do Apêndice A: analisa-se a gestão de recursos, constituindo o domínio da tomada de decisão no que respeita à alocação e manutenção dos ativos da organização; o clima organizacional enquanto “circunstâncias baseadas na consistência do tratamento dos indivíduos numa organização” (cit. por JONES, Shappell *et al.* - The Human Factors Analysis and Classification System, p.11); o processo operacional, para o desenvolvimento de procedimentos padronizados e métodos formais para manutenção de verificações e fiscalizações entre executantes e gestores.



Figura 13 – Esquema representativo da categoria da influência organizacional do HFACS (adaptado pelo autor a partir de Wiegmann e Shappell, 2003, p.71)

No que diz respeito à sua aplicação prática, constata-se que o HFACS consiste numa abordagem largamente utilizada ao nível da aviação civil e militar, tendo, nesta última vertente, sido adotado, por exemplo por um Operador Nacional de Jatos Executivos, desde 2009, que perceciona esta abordagem como uma mais-valia para a classificação dos fatores contributivos (Cabaço *et al.*, 2016).

2.3 Abordagens das Causas dos Acidentes e dos FH no Atual Contexto Aeronáutico (Civil e Militar)

Através do trabalho realizado, foi possível constatar que os operadores aéreos e forças aéreas, a nível nacional e internacional, dispõem, à medida das suas necessidades, de diferentes abordagens de FH.

No âmbito da aeronáutica civil:

1. A TAP, enquanto operador de aviação comercial tradicional (Leite, 2016):
 - Aplica a abordagem *Dirty Dozen* para a classificação do erro humano, desde 1996, data das primeiras formações na área, administradas por Gordon Dupont;
 - Utiliza o MEDA, enquanto abordagem auxiliar para a investigação dos fatores que contribuem para os erros na manutenção;
 - Leciona as abordagens SHELL e SCM aos seus trabalhadores, como abordagens de FH utilizados para efeitos de instrução.
2. Um Operador de Jatos Executivos, enquanto empresa que se baseia na operação de gestão de propriedades fracionadas e aluguer de jatos (Cabaço *et al.*, 2016):
 - Utiliza uma adaptação do HFACS americano, cuja implementação teve início com uma análise estatística ao nível das categorias mais contributivas e dos códigos compreendidos nas ocorrências mais frequentes;
 - Aplicou, numa fase inicial, a taxonomia HFACS apenas aos fatores contributivos identificados nas ocorrências alvo de investigações mais profundas. No entanto, ao verificar que os dados obtidos eram insuficientes do ponto de vista quantitativo, começou, a partir de 2016, a aplicar a taxonomia de HFACS em todas as ocorrências analisadas, de modo a, entre outras mais-valias, obter mais dados estatísticos. Com efeito, foi sua conclusão que quanto mais profunda fosse a investigação, mais fatores contributivos seriam identificados e mais correta seria a classificação dos mesmos;

- Constatou que as categorias que se evidenciaram mais foram atos inseguros e precondições para atos inseguros, que se traduzem num maior número de erros de perícia e violações rotineiras;
- Concluiu que a presença do HFACS na área da SV tem tido consequências claramente positivas no aumento da segurança, o que resulta em intenções de melhoria do seu programa tendo em vista a inclusão da análise dos *safety factors* (fatores que permitiram que a ocorrência não escalasse para uma situação mais grave), redução das ocorrências de complacência, implementação do *Fatigue Risk Management System* (FRMS), abordagem “que visa assegurar que os pilotos e os assistentes de bordo encontram-se suficientemente alerta para que possam operar com um nível de desempenho satisfatório” (IATA, 2011, p.3), e introdução de ferramentas como escalas de nível de alerta do indivíduo, bem como, de sonolência;
- Identificou algumas dificuldades na aplicação desta abordagem, no que respeita à uniformização da aplicação de metodologias e ferramentas;
- Recomenda que um processo de implementação do HFACS seja iniciado através de ajustes dos nanocórgidos à realidade interna da Instituição onde o mesmo irá ser implementado, bem como pela adoção de uma classificação das violações, como por exemplo o *Flowchart Analysis of Investigation Results* (FAIR), que consiste numa “ferramenta que permite, aos indivíduos envolvidos na investigação de ocorrências, determinar a natureza e as causas dos erros e assegurar que são tomadas medidas corretivas apropriadas e efetivas” (Baines Simmons, 2015);

Quanto à aeronáutica militar, procedeu-se à pesquisa acerca das abordagens de FH que vigoram na USAF e na Força Aérea Israelita (FAI), duas FAA que constituem um modelo de inovação e sucesso a nível mundial (American-Israeli Cooperative Enterprise, 2015).

No que diz respeito à USAF, vigora a abordagem HFACS segundo uma aproximação sistemática e multidimensional da análise do erro e da prevenção de ocorrências, que auxilia os investigadores a realizar uma investigação mais completa, e classificar ações particulares (ou inações) que suportam a sequência de eventos, contribuindo assim para alimentar a base de dados AFSAS enquanto repositório para análise e controlo das ocorrências (Department of Defense, [s.d.]). A classificação dos FH com base no HFACS permite à USAF prevenir futuras ocorrências ao incidir na prevenção de acidentes nos fatores que ocorrem com maior frequência. O HFACS tem sido utilizado nos US pelos *U.S. Navy, Marine Corps, Army, Air Force* e *Coast Guard*, e, ainda em 2010, foi aplicado em dados provenientes da análise de fatores humanos em aproximadamente 1000 acidentes aeronáuticos militares (Shappell *et al.*, 2000). Através deste procedimento de repetidas utilizações do HFACS, tem sido possível comprovar a sua fiabilidade e validade (cit. por Shappell *et al.*, Shappell *et al.* – *The Human Factors Analysis and Classification System*, p.13).

No que respeita à FAI, verificou-se que no passado implementou o HFACS, tendo tido algumas dificuldades, uma vez que o número de acidentes e incidentes não eram suficientes para que fosse possível uma análise estatística dos resultados. Neste seguimento, a FAI utiliza atualmente a filosofia *Just Culture* (Dishon, 2016).

De forma esquemática, a Figura 14 apresenta uma análise resumida das diversas abordagens de FH em vigor no contexto aeronáutico civil e militar estudado.

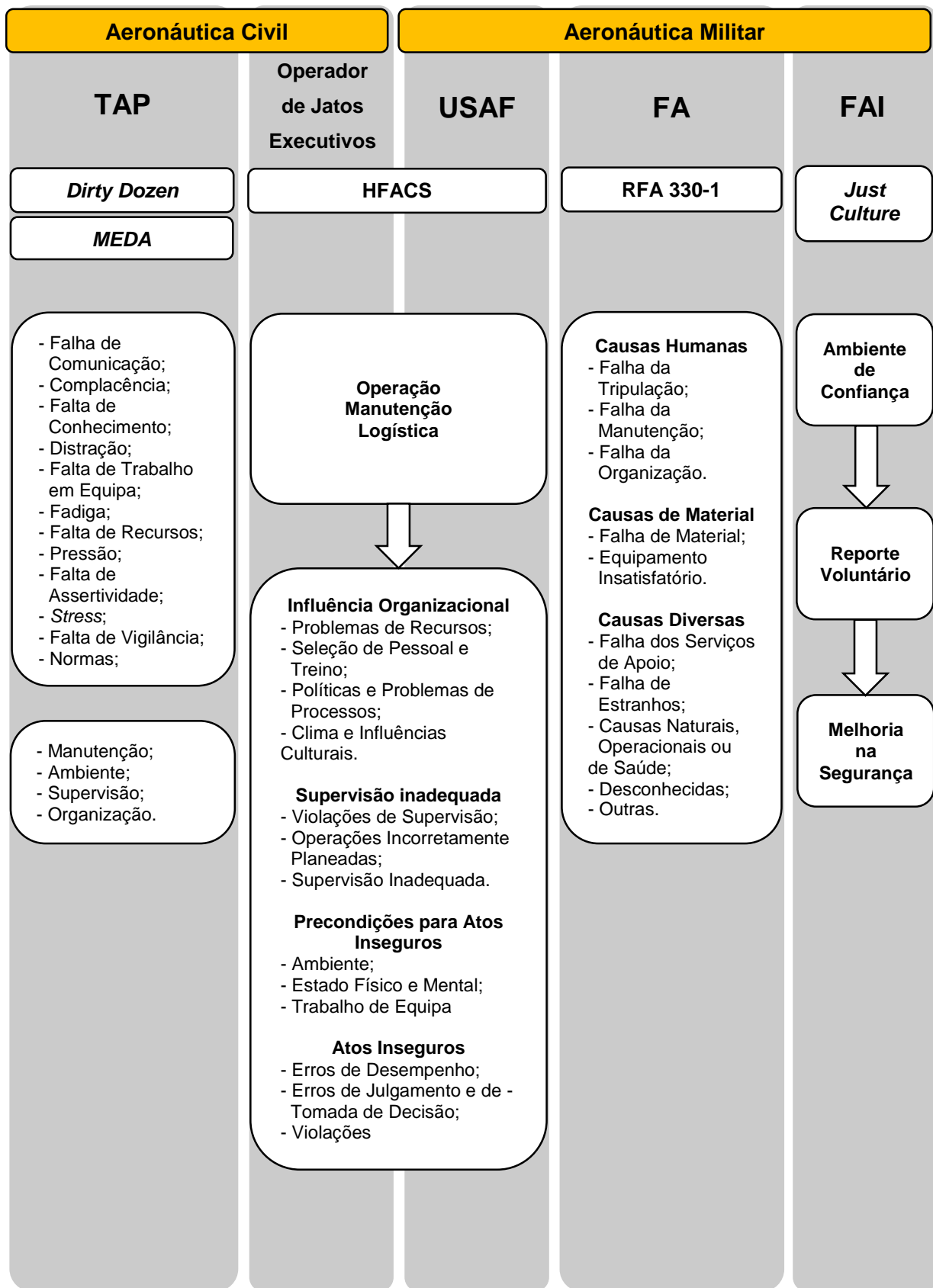


Figura 14 – Síntese das abordagens das causas dos acidentes e dos FH em vigor no contexto aeronáutico

3 Apresentação do Estudo

O presente capítulo apresenta as etapas constituintes do estudo, bem como os resultados obtidos.

3.1 Método

Neste subcapítulo serão descritos os participantes, procedimento e instrumento de medida utilizados, bem como a metodologia de codificação das entrevistas e de análise de conteúdo seguidas.

3.1.1 Participantes e Procedimento

Participantes: O estudo envolveu 12 participantes, com experiência direta (n=6) e indireta (n=6) na investigação de acidentes relacionados com a SV, experiência esta distribuída no intervalo de anos [4, 25]. Os participantes pertenciam todos à Força Aérea (11 militares com postos entre Coronel e Capitão, e 1 civil técnico) e foram distribuídos por 3 coortes: Engenheiros (n=5), Pilotos (n=2) e áreas de apoio (n=5), designadamente psicologia, manutenção de material eletrotécnico, de armamento e equipamento, e de material aéreo.

Procedimento: Os participantes foram contactados prévia e telefonicamente pelos orientadores, a saber da sua disponibilidade para participar no presente estudo. Uma vez obtida a sua anuência, os orientadores enviaram-lhes, por *mail*, os guiões da entrevista semiestruturada (abaixo apresentada), assim como o Anexo F do Regulamento RFA 330-1 – *Prevenção de acidentes*, de outubro de 1999. As entrevistas semiestruturadas, com uma duração média de 45 minutos, foram realizadas presencialmente pelo autor deste estudo, e o seu registo realizado de forma manuscrita. Depois de transcritas, foram reenviadas para os participantes, a fim de serem validadas.

3.1.2 Instrumento de Medida

Como instrumento de medida, foi utilizada a entrevista semiestruturada que, no presente estudo, era constituída pelas quatro grandes questões que a seguir se apresentam:

- Ao longo da sua carreira, há quanto tempo está (ou esteve) envolvido/participa na investigação de acidentes/incidentes aeronáuticos? De que forma tem sido (foi) este seu envolvimento/participação?
- Ao longo do seu envolvimento/participação referido no ponto anterior, de que forma esteve em contacto com assuntos relacionados com os FH e com a sua influência na segurança de voo?
- Atualmente a FA recorre ao Anexo F do Regulamento RFA 330-1 – *Prevenção de acidentes*, de outubro de 1999, para proceder à classificação da causa das ocorrências (em Anexo). Da sua experiência, o que pensa acerca desta classificação das causas de incidentes e acidentes em grupo de causas: humanas, de material e diversas?
 - Caso considere insuficiente ou desadequada a classificação referida, e mais uma vez tendo em conta a sua experiência, que variáveis considera que uma abordagem de classificação e análise de causas deve contemplar?
- Em resultado da revisão de literatura e da realização de entrevistas exploratórias, constatou-se que diferentes organizações (USAF, Força Aérea Israelita, TAP e o Operador de Jatos Executivos) implementam diferentes abordagens de classificação de FH, tais como o *Dirty Dozen*, PEAR, SHELL e *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS). Uma implementação em alguns casos direta e noutros casos adaptada/personalizada à medida da própria Organização, i.e. consoante as suas necessidades. Da sua experiência, qual destas abordagens poderia ser adaptada à realidade da FA? De que forma poderia ser feita esta adaptação?

3.1.3 Codificação das Entrevistas e Análise de Conteúdo

A codificação das entrevistas seguiu uma versão adaptada da metodologia utilizada por Fachada (2015), que passou pelo recurso a dois avaliadores independentes (juízes), seguido pela discussão para o consenso, a fim de colmatar eventuais discrepâncias na análise de conteúdo e, por conseguinte, na categorização dos dados. A metodologia qualitativa da análise de conteúdo ancorou, também conforme Fachada (2015), na identificação de categorias emergentes (alicerçadas no modelo aberto¹ cit. por SILVA *et al.*, Fachada - O Piloto Aviador Militar: Traços Disposicionais, Características Adaptativas e História de Vida) e de categorias *a priori* (enquadradas no modelo fechado² de cit. por SILVA *et al.*, Fachada - O Piloto Aviador Militar: Traços Disposicionais, Características Adaptativas e História de Vida).

3.2 Apresentação dos Dados e Discussão de Resultados

Neste subcapítulo serão apresentados os dados resultantes da aplicação do instrumento de medida, bem como os resultados da sua análise de conteúdo e frequência.

3.2.1 Análise de Conteúdo de Categorias *a priori*

A análise de conteúdo das categorias *a priori* teve por referencial teórico as abordagens de classificação/mitigação do erro SHELL, PEAR, *Dirty Dozen*, MEDA e HFACS, bem como, o Anexo F do RFA 330-1.

No Quadro 1 apresentam-se, por participante, fragmentos ilustrativos destas categorias *a priori*.

¹ Modelo em que as categorias são definidas/emergem no decorrer da análise (Fachada, 2015).

² Modelo em que as categorias são pré-estabelecidas à luz de referencial teórico (Fachada, 2015).

Participantes Categorias <i>a priori</i>		7		8		9		10		11		12	
SHELL										"...demasiado genérico e desatualizado".			
PEAR										"...interessante e completo... gostamos do seu nível de discriminação".			
Dirty Dozen				"...deveríamos utilizar um sistema com mais subgrupos nos tipos de falha..."; "...a FA beneficiaria de um sistema que discriminasse melhor os tipos de falha".				"...complexidade no que respeita à reclassificação das ocorrências passadas".		"...demasiado genérico, muito redutor e pouco orientador para a investigação".			
MEDA								"...a adoção de um <i>checklist</i> seria uma excelente melhoria..."; "possei um excelente <i>checklist</i> "; "elevado investimento em termos de recursos humanos".					
HFACS		"...a implementação do HFACS seria uma mais valia para a FA"; "o RFA 330-1 apresenta diversas lacunas que podem ser colmatadas com a implementação do HFACS"; "...ao pertencermos ao... AFSEC... deveríamos aplicar o HFACS..."; "...traria benefícios acrescidos pelo facto de pertencermos à... NATO..."; "...traria um esforço acrescido à FA... ao nível da formação de pessoal"; "...seria vantajoso ter uma estrutura maior para... se concretizarem as implementações e mudanças que resultassem da aplicação do sistema".		"...discrimina em demasia os tipos de falha para que possa ser implementado com sucesso na FA".		"Considero... adequado para ser implementado na FA"; "...no que respeita à manutenção considero mais apropriada a implementação... do... HFACS-ME".		"...elevada complexidade..."; "...apresentam-se dificuldades... tendo em conta o seu elevado grau de discriminação das ocorrências"; "...constitui uma excelente solução..."; "...existe uma base sólida para partilha de conhecimento..."; "...possibilidade de aplicação quer em termos de operação quer de manutenção..."; "...indicado para a nossa realidade"; "...envolve um investimento considerável".		"Preferimos... a sua aplicação quer em termos de manutenção quer de operação"; "Julgamos que possa não ser necessário uma discriminação tão exaustiva... poderíamos beneficiar de um agrupamento mais genérico. Caso contrário, a análise estatística das causas dos acidentes e incidentes será pouco conclusiva".			
HFACS Adaptado		"...se restringirmos ou condensarmos o sistema de classificação este não irá corresponder aos dos restantes países da NATO"; "teria de ser muito bem estudada".		"...seria uma boa solução para a FA".		"...seria uma mais valia".		"...existindo uma relação consistente no que respeita à partilha de informação... não devemos alterar o sistema a implementar".		"...seria vantajoso aplicar... à nossa realidade".			
Anexo F RFA 330-1	Causas Humanas	"...acaba por ser suficiente para a FA...";	"...excessiva simplicidade...".	"considero que este regulamento possa estar desatualizado ou... não ser o mais correto para satisfazer as necessidades da FA";	"...existiu sempre uma certa dificuldade... em admitir os erros...".	"Considero insuficiente..."; "Este regulamento... origina uma investigação demasiado superficial"; "...considero que se deveria criar um grupo de causas organizacionais a um nível superior ao dos grupos de causas humanas e materiais... subordinado... surgiriam as condições de trabalho... e condições humanas".	"...é necessário proceder-se a uma clarificação mais consistente das causas de acidentes e incidentes na FA"; "A análise dos fatores contributivos atualmente em vigor é muito redutora"; "necessidade atual de melhoria do sistema de classificação das causas de acidentes e incidentes"; "deveríamos adotar um novo sistema"; "...seria importante utilizar um sistema que inclísse... "near miss".	"...reductor"; "Os tipos de falhas... deveriam ser mais abrangentes e conter os exemplos aplicáveis... explicitados de forma inequívoca"; "Propomos... uma divisão temática, aplicável tanto à operação como à manutenção, que não seja tão superficial"; "...a atual divisão é muito inconsistente"; "...consideramos que o ponto de partida deveria ser a extinção do Anexo F do RFA 330-1 e proceder-se à incorporação de um novo sistema...".					
	Causas Materiais	"apresenta diversas lacunas"; "...a implementação de recomendações tem sido muito fraca".	"...não julgo que seja adequada"	"...pouco exaustivo na discriminação dos tipos de falha..."; "...é fundamental procedermos à criação de novos subgrupos das causas de acidentes e incidentes".	"... tivemos desde início demasiadas ocorrências...".								
	Causas Diversas												

Quadro 1 – Análise de conteúdo das categorias *a priori* (cont.)

Análise inter-participante. Com base no Quadro 1, todos os participantes reportaram lacunas e insuficiências no sistema de classificação atualmente em vigor na Força Aérea (explicitado no Anexo F do RFA 330-1). De entre as abordagens alternativas em estudo, quer de forma voluntária e imediata, quer na exploração das questões inicialmente abordadas na entrevista semiestruturada, 7 em 12 participantes das 3 coortes (58,33%) identificaram o HFACS como uma hipótese a ser adotada pela Força Aérea. De notar que os três participantes (participantes 2,3 e 5) que não o elegeram *ipsis verbis* como uma alternativa, também não o afastaram por completo, advogando apenas que a “sua aplicação direta” não teria vantagens. Por sua vez, o participante 6 emitiu uma opinião aqui considerada neutra, na medida em que opta por descrever as características que uma abordagem deverá ter, em vez de proceder à eleição de uma em específico.

Neste enquadramento, e passando a uma análise mais aprofundada dos dados presentes no Quadro 1, tem-se que a necessidade de reformulação do Anexo F do RFA 330-1, aventada por todos os participantes (p. ex., ao referirem que se trata de um regulamento redutor, simples e insuficiente, que carece de uniformização e atualização), passa por, ao nível do Grupo das:

- Causas Humanas, compreender melhor o aumento de detalhe, a inclusão da falha de terceiros/estranhos, a explicação da Falha Outros, e a diferenciação entre a falha do 1.º interveniente e do 2.º interveniente na Falha da Tripulação/Operador;
- Causas Diversas, estas abrangerem uma quantidade excessiva de ocorrências, impossibilitando o aprofundar das investigações.

Complementarmente, a maioria dos participantes (58%), que advogaram a substituição do Anexo F do RFA 330-1 por uma outra abordagem de FH, do tipo do HFACS adaptado à realidade da FA (Quadro 1), vão mais longe, referindo que o sucesso desta implementação (HFACS adaptado à FA) beneficiaria com:

- Uma diminuição da sua elevada complexidade, a que se associa um esforço acrescido no seu processo de adoção pela organização;
- Um estudo que permitisse mitigar os custos (humanos e financeiros) acrescidos da sua implementação;

- A manutenção, conquanto a introdução de ajustes à medida das necessidades da FA, de um denominador suficientemente comum de partilha de conhecimento com os restantes países da NATO.

Constata-se por último, da análise do Quadro 1, que a abordagem MEDA é detentora de um *checklist* exemplar para as investigações, a qual deveria ser aplicada na FA caso os custos resultantes não sejam excessivos.

O Quadro 2 apresenta a frequência de ocorrência das categorias *a priori* por participante. Na sua construção, e face aos objetivos da presente investigação, foram apenas considerados os conteúdos pautados por uma conotação favorável/desfavorável. Por outras palavras, não foram quantificados os conteúdos com cariz neutro.

Participantes Categorias a priori		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12														
		SHELL														
PEAR	1															1(x2)
Dirty Dozen															1	1(x2)
MEDA			1	1											1	
HFACS							1	1			4 2	1	2		4 3	
HFACS Adaptado							1 2				1	1	1		1	1(x2)
Anexo F RFA 330-1	Causas Humanas		3				2	1			1	1				
	Causas Materiais	2 4	1	3	3	1 2		1 1	4	1 2	1	3		3	5	5(x2)
	Causas Diversas		2			1					2		1			

Legenda: Verde – número total de resultados favoráveis
Vermelho – número total de resultados desfavoráveis

Quadro 2 – Análise de frequência das categorias a priori

Com vista a uma melhor compreensão dos dados apresentados no Quadro 2, tome-se como exemplo os resultados do Participante 1, no que respeita especificamente ao Anexo F do RFA 330-1, em que este teceu:

- 6 referências gerais, 2 destas com um teor favorável (notação a verde) e 4 desfavorável (notação a vermelho);
- 6 referências específicas de índole desfavorável, distribuídas pelas causas humanas (n=3), materiais (n=1) e diversas (n=2).

Dos dados apresentados no Quadro 2 importa ainda referir que os participantes 11 e 12, por opção pessoal, foram entrevistados em conjunto, pelo que às respostas que comungaram entre si foi atribuído um peso 2 (assinalado no quadro por “x2”).

Análise intra-modelo. O Anexo F do RFA 330-1 apresenta 5 (8%) pareceres favoráveis e 56 (92%) desfavoráveis à prossecução/continuidade da sua aplicação na FA. O HFACS, quer em termos da sua implementação de acordo com a abordagem original, quer mediante as adaptações, apresenta um total de 15 (58%) pareceres favoráveis e 11 (42%) desfavoráveis. No que respeita à diferenciação entre a implementação do HFACS original e adaptado, verifica-se que o primeiro apresenta 10 (59%) pareceres favoráveis e 7 (41%) desfavoráveis, enquanto o segundo apresenta 4 (67%) pareceres favoráveis e 2 (33%) desfavoráveis.

Análise inter-modelo³. Quando comparado o Anexo F do RFA 330-1 com as restantes abordagens, este apresenta 5% de pareceres favoráveis e 57% de pareceres desfavoráveis. O HFACS, quer em termos da sua implementação de acordo com abordagem original, quer mediante adaptações, contabiliza 15% de pareceres favoráveis e 11% de pareceres desfavoráveis. No que respeita à diferenciação entre a implementação do HFACS original e adaptado, verifica-se que o primeiro apresenta 10% de pareceres favoráveis e 7% de pareceres desfavoráveis, enquanto o segundo apresenta 4% de pareceres favoráveis e 2% de pareceres desfavoráveis. Relativamente às categorias menos elencadas pelos entrevistados,

³ Uma vez que o número total de pareceres aqui considerados (i.e., o denominador) é 99, o número de pareceres resultou, em quase todos os casos, num valor numérico idêntico ao da percentagem. Por esta razão e de forma a evitar a redundância de informação, optou-se por incluir apenas valores percentuais neste parágrafo.

constata-se que as abordagens SHELL e PEAR apresentam 2% de pareceres desfavoráveis e 3% de pareceres favoráveis, respectivamente; Dirty Dozen apresenta 3% de pareceres desfavoráveis; e MEDA apresenta 1% de pareceres favoráveis e 1% de desfavoráveis. Por último, e em termos de conjunto de abordagens alternativas ao Anexo F do RFA 330-1, SHELL, PEAR, Dirty Dozen, MEDA e HFACS apresentam-se apenas associadas a 2% de pareceres desfavoráveis.

3.2.2 Análise de Conteúdo de Categorias Emergentes

No presente estudo não foram encontradas categorias emergentes.

3.3 *Abordagem HFACS Adaptada à FA*

Alicerçado nas evidências acima elencadas e analisadas, é propósito do presente subcapítulo apresentar uma proposta de abordagem de análise e classificação de FH nos acidentes e incidentes na FA, doravante designada por *Abordagem HFACS adaptada à FA*.

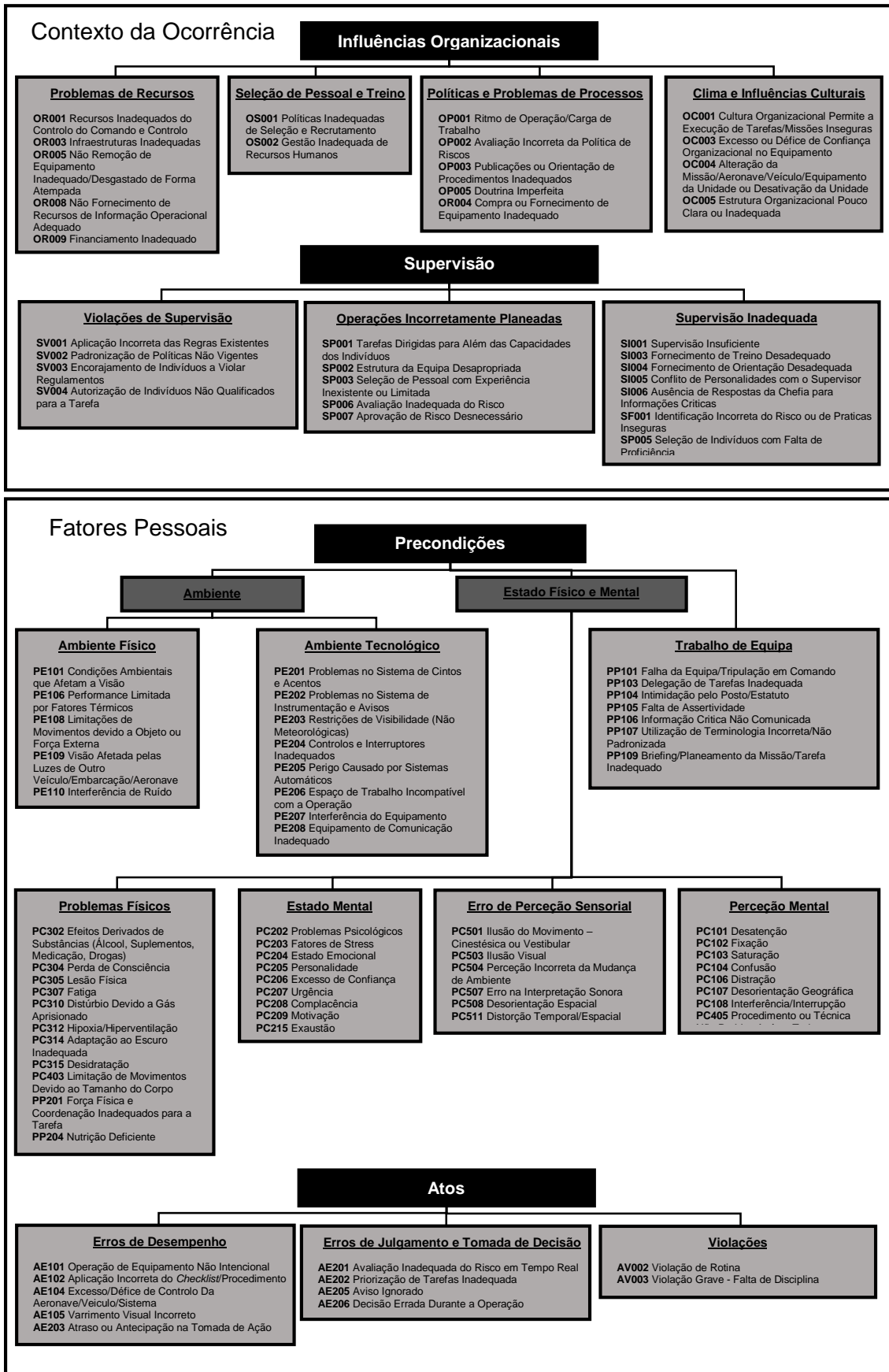


Figura 15 – Diagrama da Abordagem HFACS adaptada à FA

Considerando as principais necessidades elencadas pela grande maioria dos participantes, designadamente o facto do HFACS original constituir-se como uma abordagem demasiado complexa e abrangente para a realidade da FA, *Abordagem HFACS adaptada à FA* (Figura 15) foram eliminados nanocódigos demasiado discriminatórios e agregados aqueles que se afiguraram demasiadamente redundantes para permanecerem individualizados.

A abordagem proposta na presente investigação, com os seus respetivos nanocódigos, não invalida que no futuro não possam vir a existir alterações/ajustes em resultado de necessidades eventualmente decorrentes da sua aplicação prática.

3.4 Teste à *Abordagem HFACS adaptada à FA*

Com o intuito de proceder-se à validação e exemplificação da aplicação da *Abordagem HFACS adaptada à FA*, apresentado no Capítulo 3.3, o presente subcapítulo compreende o teste desta abordagem em 4 ocorrências verificadas no passado da FA. A escolha destes 4 casos norteou-se pelo facto de constituírem casos pertinentes de serem estudados e analisados.

Análise das ocorrências. A análise de ocorrências obedeceu à seguinte estrutura: descrição (com descaracterização de dados identificadores, por forma a salvaguardar a confidencialidade deste tipo de matérias); factos registados e classificação quer segundo o Anexo F do RFA 330-1, quer segundo a Abordagem do HFACS adaptada à FA. Importa ainda referir que, nesta análise, a classificação das causas segundo o Anexo F do RFA 330-1 foi realizada pelos membros das comissões de investigação à data da investigação das ocorrências, tendo sido apenas transcritas dos relatórios finais das investigações para o texto.

Ocorrência 1:

Descrição: ocorrência com uma aeronave que, após descolagem e colocação da manete do trem em cima, manteve a perna do trem principal esquerdo em baixo, tendo-se verificado, já no solo, uma fuga hidráulica.

Factos:

1. O *Component Maintenance Manual* (CMM) indicou a existência de componentes cujo processo de fabrico pudesse tornar o componente mais suscetível de falhar por fadiga; o S/N do componente não se encontrava dentro do lote de material com problemas no processo de fabrico, no entanto as ações de canibalização podem ter conduzido à troca do componente;
2. O CMM foi editado e, aquando da sua revisão, foi adicionada uma nota que determinou a substituição dos componentes; a entidade reparadora não teve acesso à revisão do manual; se a publicação tivesse sido a adequada o componente teria sido substituído;

3. Se a publicação utilizada pela entidade reparadora fosse a do fabricante, o componente em questão teria sido substituído durante uma revisão geral;
4. Identificou-se mais uma unidade deste componente suscetível de falhar por fadiga numa aeronave com revisão geral efetuada numa empresa estranha à FA, tendo sido assumido pela FA que o referido componente tinha sido substituído de acordo com o manual utilizado. Este facto desencadeou uma falha após descolagem que obrigou à realização de uma manutenção de grande envergadura por entidades externas à FA;
5. Segundo o conceito de manutenção definido à data, o *manual gear box assembly* tinha ultrapassado o seu potencial isócrono em um mês.

Classificação segundo o Anexo F do RFA 330-1 realizada pela comissão de investigação:

1. Grupo de Causas Humanas – Falha da Manutenção, ou Grupo de Causas Diversas – Falha de Estranhos, por deficiente catalogação durante uma ação de canibalização;
2. Grupo de Causas Diversas – Falha de Estranhos, pela entidade reparadora por não ter mantido as publicações técnicas em uso atualizadas;
Grupo de Causas Humanas – Falha da Organização, pelo facto de o operador não ter mantido as publicações técnicas em uso atualizadas;
3. Grupo de Causas Diversas – Falha de Estranhos, pelo facto da entidade reparadora não ter mantido as publicações técnicas em uso atualizadas;
4. Grupo de Causas Humanas – Falha da Organização, por falha de supervisão ao assumir-se que tinha sido substituída a unidade identificada como instalada numa aeronave, a qual, de acordo com uma revisão do CMM deveria ter sido substituída;
Grupo de Causas Diversas – Falha de Estranhos, em virtude de ter sido realizada uma revisão geral numa empresa estranha à FA;
5. Grupo de Causas Humanas – Falha da Manutenção, por práticas de manutenção deficientes.

Classificação segundo a Abordagem HFACS adaptada à FA:

1. Influências Organizacionais – Políticas e Problemas de Processos – OP003 Publicações ou Orientação de Procedimentos Inadequados;
2. Influência Organizacionais – Políticas e Problemas de Processos – OP003 Publicações ou Orientação de Procedimentos Inadequados;
3. Influências Organizacionais – Políticas e Problemas de Processos – OR004 Compra ou Fornecimento de Equipamento Mal Projetado ou Inadequado;
4. Supervisão – Supervisão Inadequada – SF001 Identificação Incorreta do Risco ou de Práticas Inseguras;
Influências Organizacionais – Políticas e Problemas de Processos – OR004 Compra ou Fornecimento de Equipamento Mal Projetado ou Inadequado;
5. Supervisão – Violação de Supervisão – SV001 Aplicação Incorreta de Regras Existentes.

Ocorrência 2:

Descrição: durante a realização da inspeção pós-tiro, foram detetados alguns danos em componentes e na estrutura da aeronave, provavelmente provocados pela operação dos mesmos; verificou-se que a blindagem e estrutura interior dos componentes se encontravam com alterações relativamente ao seu estado normal; identificou-se, por comparação com outros componentes instalados noutras aeronaves, que o componente em causa apresentava folga excessiva.

Factos:

1. O fabricante declarou não ter explicação para a ocorrência reportada e decidiu mandar proceder à substituição de componentes associados à ocorrência, verificando-se que, desta forma, a anomalia era eliminada;
2. Em algumas sessões de tiro, um dos componentes envolvidos no disparo não funcionou corretamente, concluindo-se que o problema estava associado com o *software* instalado na aeronave;
3. Os danos causados nos componentes e na estrutura da aeronave foram causados pelas munições de fabrico estrangeiro.

Classificação segundo o Anexo F do RFA 330-1 realizada pela comissão de investigação:

1. Grupo de Causas Humanas – Falha da Organização, por inadequada prática de gestão no suporte logístico, imputável ao fabricante;
Grupo de Causas Diversas – Falha de Estranhos, devido ao facto de o fabricante constituir uma entidade estranha à FA;
2. Grupo de Causas Humanas – Falha da Organização, por falha no suporte informático, imputável ao fabricante;
Grupo de Causas Diversas – Falha de Estranhos, devido ao facto de o fabricante constituir uma entidade estranha à FA;
Grupo de Causas Humanas – Falha da Organização, por falha no suporte logístico em termos de provisão de munições, imputável à FA;
3. Grupo de Causas Humanas – Falha da Organização, por inadequado controlo de qualidade de um lote de munições, imputável ao fabricante;
Grupo de Causas Diversas – Falha de Estranhos, devido ao facto de o fabricante constituir uma entidade estranha à FA.

Classificação segundo a Abordagem HFACS adaptada à FA:

1. Influências Organizacionais – Políticas e Problemas de Processos – OR004 Compra ou Fornecimento de Equipamento Mal Projetado ou Inadequado;
2. Influências Organizacionais – Políticas e Problemas de Processos – OR004 Compra ou Fornecimento de Equipamento Mal Projetado ou Inadequado;
3. Influências Organizacionais – Políticas e Problemas de Processos – OR004 Compra ou Fornecimento de Equipamento Mal Projetado ou Inadequado;
Supervisão – Supervisão Inadequada – SI001 Supervisão insuficiente;

Ocorrência 3:

Descrição: na rolagem após aterragem final, a tripulação ouviu um som intenso na zona do operado de rádio; a inspeção pós voo identificou danos num componente da aeronave.

Factos:

1. A peritagem não identificou nenhuma evidência de que a degradação do componente tenha tido origem na operação incorreta dos sistemas da aeronave, pelo que se concluiu que a causa da falha se deveu à baixa fiabilidade do componente.

Classificação segundo o Anexo F do RFA 330–1 realizada pela comissão de investigação:

1. Grupo de Causas de Material – Falha de Material, por falha associada à baixa fiabilidade do componente.

Classificação segundo a Abordagem HFACS adaptada à FA:

1. Influências Organizacionais – Políticas e Problemas de Processos – OR004 Compra ou Fornecimento de Equipamento Mal Projetado ou Inadequado.

Ocorrência 4:

Descrição: durante as manobras de estacionamento da aeronave, um tripulante do compartimento de carga reportou fogo na antepara que separa o *cockpit* e do compartimento de carga; o fogo foi extinto pela tripulação através do uso de um extintor de bordo.

Factos:

1. Falha de componentes que originaram o fogo;
2. Os manuais de manutenção do componente e dos seus respetivos acessórios são desadequados.

Classificação segundo o Anexo F do RFA 330-1 realizada pela comissão de investigação:

1. Grupo de Causas Humanas – Falha da Manutenção, por desregulação do componente;
Grupo de Causas Diversas – Falha de Estranhos, por desregulação do componente, imputável a uma entidade estranha à FA;
2. Grupo de Causas Humanas – Falha da Organização, por inadequação normativa ao regulamento definido pelo fabricante, que não se adequa ao modo de operação da aeronave.

Classificação segundo a Abordagem HFACS adaptada à FA:

1. Influências Organizacionais – Políticas e Problemas de Processos – OR004 Compra ou Fornecimento de Equipamento Mal Projetado ou Inadequado;
Supervisão – Supervisão Inadequada – SI001 Supervisão Insuficiente
2. Influências Organizacionais – Políticas e Problemas de Processos – OP003 Publicações ou Orientação de Procedimentos Inadequados.

Análise de frequência. Com o intuito de se identificarem os resultados da aplicação do Anexo F do RFA 330-1 e da Abordagem HFACS adaptada à realidade da FA, apresenta-se em seguida uma análise de frequência do tipo de ocorrências.

Tipo de Falha segundo o Anexo F do RFA 330-1	N1	%
Grupo de Causas Diversas – Falha de Estranhos	7	39%
Grupo de Causas Humanas – Falha da Organização	7	39%
Grupo de Causas Humanas – Falha da Manutenção	3	17%
Grupo de Causas de Material – Falha de Material	1	5%

Quadro 3 – Análise de frequência do tipo de ocorrência segundo o Anexo F do RFA 330-1

Desta forma, conclui-se que, nestas 4 ocorrências, a classificação segundo o Anexo F do RFA 330-1 (Quadro 3) indica que as causas, por ordem decrescente de frequência, são atribuídas, em:

- 39% à falha de estranhos;
- 39% à falha da organização;
- 17% à falha da manutenção;
- 5% à falha de material.

Nanocódigos da <i>Abordagem HFACS adaptada</i> à FA	N2	%
Influências Organizacionais – Políticas e Problemas de Processos – OR004 Compra ou Fornecimento de Equipamento Mal Projetado ou Inadequado	7	50%
Influências Organizacionais – Políticas e Problemas de Processos – OP003 Publicações ou Orientação de Procedimentos Inadequados	3	22%
Supervisão – Supervisão Inadequada – SI001 Supervisão Insuficiente	2	14%
Supervisão – Supervisão Inadequada – SF001 Identificação Incorreta do Risco ou de Práticas Inseguras	1	7%
Supervisão – Violação de Supervisão – SV001 Aplicação Incorreta de Regras Existentes	1	7%

Quadro 4 – Análise de frequência do tipo de ocorrência segundo a *Abordagem HFACS adaptada à FA*

De acordo com a classificação da *Abordagem HFACS adaptada à FA* (Quadro 4), verifica-se que as causas são atribuídas, em:

- 50% à compra ou fornecimento de equipamento mal projetado ou inadequado;
- 22% a publicações ou orientação de procedimentos inadequados;
- 14% à supervisão insuficiente;
- 7% à identificação incorreta do risco ou de práticas inseguras;
- 7% à aplicação incorreta de regras existentes.

A análise de frequência do tipo de ocorrência (Quadro 3 e Quadro 4), permite constatar que a classificação segundo o Anexo F do RFA 330-1 fornece uma

discriminação de 4 tipos de ocorrência: falhas de estranhos, organização, manutenção, e material. A classificação segundo a *Abordagem HFACS adaptada à FA* apresenta 5 tipos de ocorrência: compra ou fornecimento de equipamento mal projetado ou inadequado, publicações ou orientação de procedimentos inadequados, supervisão insuficiente, identificação incorreta do risco ou de práticas inseguras e aplicação incorreta de regras existentes.

Da aplicação do Anexo F do RFA 330-1 e da *Abordagem HFACS adaptada à FA*, conclui-se que a segunda apresenta maior especificidade e minúcia no que respeita à denominação da causa e que possui um nível superior de discriminação dos tipos de ocorrências, uma vez que permitiu a identificação de 5 tipos de ocorrência face aos 4 resultantes da aplicação do Anexo F do RFA 330-1.

4 Conclusões

A presente dissertação de mestrado teve por propósito enriquecer a *práxis* atualmente seguida na Força Aérea em matéria de análise e classificação de fatores humanos na investigação de acidentes e incidentes. Um propósito fortemente ancorado na percepção, amplamente partilhada por quem opera nesta área, de que urge otimizar o atual regulamento seguido – i.e., o Anexo F do RFA 330-1 –, a fim de melhor responder às atuais necessidades organizacionais e supra organizacionais.

Para este objetivo, procedeu-se, num primeiro momento, à Revisão de Literatura ligada a esta temática, com o estudo da *Evolução Histórica* dos FH na realidade da aeronáutica, em geral, e da segurança de voo, em particular, das *Abordagens de Classificação/Mitigação do Erro* e das *Abordagens das Causas dos Acidentes e dos FH no Atual Contexto Aeronáutico (Militar e Civil)*.

O segundo momento, subentendido à Apresentação do Estudo, propriamente dito, passou pela realização de entrevistas semiestruturadas a 12 “peritos” (i.e., efetivo da FA com experiência, direta ou indireta, na análise e classificação de incidentes/acidentes aeronáuticos e na área da SV), a fim de recolher as suas percepções acerca:

- Por um lado, da adequabilidade do Anexo F do RFA 330-1 na prática da FA. Neste enquadramento, e corroborando o referido desde logo no início deste capítulo, é percepção da grande maioria dos participantes que o atual regulamento em vigor na FA não satisfaz por completo as atuais exigências da Instituição, principalmente devido ao seu conteúdo desatualizado e, de certa forma, redutor;
- Por outro lado, acerca das características/requisitos que uma abordagem deste cariz deverá ter com vista a responder de forma cada vez mais adequada às exigências da envolvente situacional. Neste âmbito, a adaptação do HFACS afigurou-se como uma solução capaz de fazer face às lacunas do Anexo F do RFA 330-1. Uma solução, que, de certa forma encontra eco na aplicação bem-sucedida por parte de

organizações aeronáuticas, tanto de cariz militar, como a USAF, como civil, caso de um Operador de Jatos Executivos.

Assim, no presente trabalho de investigação, foi não só concetualizada a *Abordagem HFACS adaptada à FA* – fundamentalmente caracterizada pela simplificação do conteúdo no que respeita aos nanocódigos (eliminação daqueles que se revelaram demasiado discriminatórios e junção daqueles outros que se afiguraram demasiadamente redundantes para permanecerem individualizados) –, como também testada através da análise e classificação dos FH em 4 ocorrências pertencentes ao histórico de investigação da FA.

Tendo por base os resultados deste teste à *Abordagem HFACS Adaptada à FA*, conclui-se que a sua aplicação nesta realidade aeronáutica castrense é vantajosa relativamente ao Anexo F do RFA 330-1, na medida em que, ao permitir a designação da causa mais pormenorizada, fornece, no imediato, uma melhor orientação ao investigador e, num médio-longo prazo, potencia que a política de prevenção de acidentes e incidentes seja cada vez mais efetiva e direcionada.

5 Limitações e Estudos Futuros

A maior limitação da corrente investigação prende-se com o número de ocorrências utilizadas no teste à *Abordagem HFACS adaptada à FA*. Face a limitações de tempo, mas, ainda assim, com grande esforço e preocupação em analisar ocorrências com alguma heterogeneidade entre si, apenas se conseguiram analisar quatro, com recurso a dois avaliadores (juízes) independentes.

Em estudos futuros, afigura-se, assim, importante alargar o teste da abordagem aqui proposta a um maior painel de juízes (maior em quantitativo e também em pluridisciplinaridade).

6 Recomendações e Implicações Práticas

A principal implicação prática prende-se com o facto de a Força Aérea dispor agora de uma abordagem alternativa ao Anexo F do RFA 330-1, para classificar e analisar os fatores humanos nos seus acidentes e incidentes. Especificamente, uma versão do HFACS adaptada à realidade aeronáutica militar Portuguesa (*Abordagem HFACS Adaptada à FA*), que, testada à luz de quatro ocorrências pertencentes ao histórico da Inspeção Geral da Força Aérea, se afigura como capaz de responder às insuficiências elencadas por 12 efetivos desta Instituição Militar com experiência (direta e indireta) no estudo/investigação de ocorrências. Daqui decorre, como recomendação que esta *Abordagem HFACS Adaptada à FA* possa vir a ser implementada pela FA, designadamente pela IGFA, num racional de numa primeira fase, i.e., com um cariz experimental.

Uma segunda implicação prática associa-se à mais-valia da metodologia utilizada, que, no fundo, ecoa o já antes verificado por Fachada (2015). Por outras palavras, revelou-se deveras enriquecedor para a boa prossecução do objetivo da presente investigação, o recurso a entrevistas semiestruturadas a militares e efetivos da FA com experiência comprovada na área de estudo em apreço, e, neste seguimento, o tipo de análise de conteúdo efetuado. Assim, e como recomendação, sugere-se o alargamento deste tipo de metodologia: por um lado, à recolha de *feedback*, por parte da IGFA, sobre as vantagens/desvantagens da fase de aplicação experimental do HFACS versão adaptada à realidade da FA; por outro lado, ao desenvolvimento de outros estudos deste cariz.

7 Bibliografia

ADAMS, David - A Layman's Introduction to Human Factors in Aircraft Accident and Incident Investigation. **ATSB Safety Information Paper**. (2006).

AIR FORCE SAFETY CENTER PUBLIC AFFAIRS - **AFSAS Home Page Redesign Helps to Streamline Layout and Navigation** [Em linha]. 2015. [Consult. 1 jan. 2015]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.af.mil/News/ArticleDisplay/tabid/223/Article/587929/afsas-home-page-redesign-helps-to-streamline-layout-and-navigation.aspx>>.

AIRBUS - **Human Performance - Error Management**. Blagnac: [s.n.]

AMERICAN-ISRAELI COOPERATIVE ENTERPRISE - **U.S.-Israel Strategic Cooperation** [Em linha]. 2015. [Consult. 24 mar. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.jewishvirtuallibrary.org/jsource/US-Israel/jtair.html>>.

AMORIM, Jorge - Entrevista semiestruturada ao Coronel Piloto Jorge Amorim. Lisboa. 2016.

AMORIM, Jorge; SERRANO, Bruno - Proposta para Tese de Mestrado pilav sobre Segurança de Voo. 2014.

ANDERSON, Christine; DORFMA, Merlin - **Progress In Astronautics and Aeronautics: Aerospace Software Engineering: A Collection of Concepts**

API - How to Use the Fishbone Tool for Root Cause Analysis

BAINES SIMMONS - **FAIR System** [Em linha]. 2015. [Consult. 24 mar. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.bainessimmons.com/aviation-consulting-services/smarrt-tools/fair-system/>>.

BEST IN FLIGHT - **A Just Culture in Aviation Safety**. Linden: [s.n.]

BOEING COMMERCIAL AVIATION SERVICES - **Maintenance Error Decision Aid (MEDA) User's Guide**

BRANDÃO, Junito - **Mitologia Grega** [Em linha]. 2011. [Consult. 12 dez. 2015]. Disponível em WWW:<URL:<https://bibliotecaonlinedahisfj.files.wordpress.com/2015/03/mitologia-grega-vol-1-junito-de-souza-brandc3a3o.pdf>>.

BRANNIGAN, Augustine; ZWERMAN, William - The Real «Hawthorne Effect». **Society**. (2001) 55–60.

CABAÇO, Cláudia; IVANOVSKY, Tatiana - Entrevista à Engenheira Cláudia Cabaço, Flight Safety Assistant Manager, e à Psicóloga Tatiana Ivanovsky, Flight Safety Analyst, do Operador de Jatos Executivo. Lisboa. 2016.

CHIALASTRI, Antonio - Automation in Aviation. **Medicair**. 2012.

COMMITTEE ON AIRCRAFT CERTIFICATION SAFETY MANAGEMENT - **Improving the Continued Airworthiness of Civil Aircraft: A Strategy for the FAA's Aircraft Certification Service**. Washington, D.C.: [s.n.]. ISBN 9780309075053.

CROCKER, David - **Dictionary of Aviation**. 2ª ed. London: Bloomsbury Publishing Plc, 2005. ISBN 9781420077698.

CRUZ, Alfredo - Segurança de Voo. **Mais Alto**. Lisboa. 2015.

DARBY, Rick - Fewer Fatalities in Hull Loss Accidents. Setembro (2007) 51–54.

DEKKER, Sidney - **The Field Guide to Understanding Human Error**. Sydney: Ashgate Publishing Limited, 2006. ISBN 0754648257.

DEPARTMENT OF DEFENSE - **Human Factors Analysis and Classification System (DoD HFACS) Version 7.0**

DUPONT, Gordon - **The Dirty Dozen Errors in Maintenance**

EMBREY, David - **Understanding Human Behaviour and Error**

EUROCONTROL - **Violation** [Em linha]. 2013. [Consult. 4 fev. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.skybrary.aero/index.php/Violation>>.

FACHADA, Cristina - **O Piloto Aviador Militar: Traços Disposicionais, Características Adptativas e História de Vida**. [S.l.]: Faculdade de Psicologia da Universidade de Lisboa, 2015

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION - Human Factors Engineering and Safety Principles & Practices. **FAA System Safety Handbook**. 2000.

FLIGHT - **Crew Resource Management** [Em linha]. 2015. [Consult. 2 fev. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.crewresourcemanagement.net/introduction>>.

GAIN WORKING GROUP E - **Roadmap to a Just Culture: Enhancing the Safety Environment**

GOMES, Filander - **Factores Humanos em Manutenção de Aeronaves**. [S.l.]: Universidade da Beira Interior, 2010

HO, Vincent - **What is the Management Oversight and Risk Tree?**

Human Factors in the Investigation of Accidents and Incidents. [S.l.]: European Organization for the Safety Air Navigation, 1998

IATA - **Fatigue Risk Management Systems**. 1ª ed.

ICAO - **Aeronautical Telecommunications**. [S.l.]: ICAO, 2001

ICAO - **Aircraft Accident and Incident Investigation**. 10ª ed. [S.l.]: International Civil Aviation Organization, 2010. ISBN 9789292315269.

ICAO - **Safety Management**. 1ª ed.

IFSO - **Human Factors**. 2014.

JAXA - **Human Performance Measurement Technology** [Em linha]. 2015. [Consult. 2 fev. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.aero.jaxa.jp/eng/research/basic/flight/human/>>.

JOHNSON, Chris - **Investigation and Reporting of Incidents and Accidents**. Glasgow: [s.n.]

JOHNSON, W. - **The Management Oversight and Risk Tree - MORT**. Willoughby: [s.n.]

JOHNSON, William; HACKWORTH, Carla - Human Factors in Maintenance. **Aero Safety World**. Março (2008) 34–40.

JOHNSON, William; MADDOX, Michael - A PEAR Shaped Model For Better Human Factors. **Civil Aviation Training Magazine**. 2007.

Cockpit/Crew Resource Management Program. **Air Force Instruction 11-90**

KOH, Danny *et al.* - The Dirty Dozen. **Republic of Singapore Air Force Safety Magazine**. 2012.

KOZUBA, Jaroslaw - The Role of the Human Factor in Maintaining the Desired Level of Air Mission Execution Safety. Em **International Conference of Scientific Paper AFASES**. Brasov: [s.n.]

LADKIN, Peter Bernard - **The Why-Because Analysis Homepage** [Em linha]. 2012. [Consult. 23 mar. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://www.rvs.uni-bielefeld.de/research/WBA/>.

LATINO, Robert - Defining and Reducing Human Error. **Briefings on Patient Safety**. 2007.

LEITE, Jorge - Entrevista ao Engenheiro Jorge Leite - Diretor da Qualidade e Segurança Operacional da TAP Manutenção e Engenharia. Lisboa. 2016.

MARADO, Bruno - **Caracterização de Acidentes com Aeronaves na Força Aérea**. Pedrouços: [s.n.]

MAURINO, Dan - Threat and Error Management. Em **Canadian Aviation Safety Seminar**. Vancôver: [s.n.]

MUSSULMAN, Laura; WHITE, Deborah - The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS). **Naval Safety Center's Aviation Magazine**. 2004.

NASA - **Fault Tree Analysis**

PARADIES, Mark; UNGER, Linda - **Using the TapRoot System for Process Safety Incident Investigation and Root Cause Analysis**. Knoxville: [s.n.]

PARKER, Sean - Just Culture in UK Civil Aviation. [s.d.].

PATANKAR, Manoj; TAYLOR, James - **Risk Management and Error Reduction in Aviation Maintenance**. Farnham: Ashgate Publishing Limited, 2004

PAUL-STÜVE, Thilo - **A Practical Guide to the Why-Because Analysis Method**

PRICE, Brian - Frank and Lillian Gilbreth and the Manufacturing and Marketing of Motion Study, 1908-1924. **Business and Economic History**. (1989) 88–98.

PRIETO, Ana - **Factores Humanos na Manutenção de Sistemas de Armas**. [S.l.]: Academia da Força Aérea, 2013

RANKIN, William - MEDA Investigation Process. **Boeing Commercial Aeromagazine**. [s.d.].

RANKIN, William - The Maintenance Error Decision Aid (MEDA) Process. Em **Proceedings of the IEA 2000**. Seattle: [s.n.]

REASON, James - **Achieving a Safe Culture: Theory and Practice**. Manchester: [s.n.]

REASON, James; HOLLNAGEL, Erik; PARIES - **Revisiting the «Swiss Cheese» Model of Accidents**

REUTELER, David - A Design for a Flying Machine. 1488. [Em linha]. [Consult. 23 mar. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.drawingsofleonardo.org/images/fly1.jpg>>.

RILEY, Ann *et al.* - **Human Factors**. Oklahoma City: U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2008

RISK MANAGEMENT SOLUTIONS - **Incident Analysis Methods** [Em linha]. [Consult. 23 mar. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.cgerisk.com/knowledge-base/incident-analysis-methods/incident-analysis-methods#SCAT>>.

DISHON, Rany - Human Factors in Accident and Incident Investigation. [Em linha]. [Consult. 20 mar. 2016]. Comunicação pessoal.

SALAS, Eduardo; MAURINO, Dan - **Human Factors In Aviation**. 2^a ed. Elsevier: Academic Press, 2010. ISBN 9780123745187.

SANTI, Stefan - **Fatores Humanos Como Causas Contribuintes Para Acidentes e Incidentes Aeronáuticos na Aviação Geral**. [S.l.]: Universidade de Brasília, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, 2009

SHAPPELL, Scott; WIEGMANN, Douglas - **The Human Factors Analysis and Classification System – HFACS**. Washington: [s.n.]

SKOMPSKI, Edward - **Example Application of TapRoot**. Knoxville: [s.n.]

THADEN, Terry; WIEGMANN, Douglas; SHAPPELL, Scott - Organizational

Factors in Commercial Aviation Accidents. **The International Journal of Aviation Psychology**. (2006) 239–261.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY - **Accident and Operational Safety Analysis**. Washington: [s.n.]

UNIVERSITY OF NEW SOUTH WALES - **Seeking and Finding Organizational Accident Causes: Comments on the Swiss Cheese Model** [Em linha]. 2013. [Consult. 4 fev. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.aviation.unsw.edu.au/about/articles/swisscheese.html>>.

VALENTE, Artur; JAMAL, Soraia - Entrevista Semiestruturada ao Doutor Psicólogo Artur Valente e à Capitã Psicóloga Soraia Jamal. Lisboa. 2016.

VESELY, W. E. *et al.* - **Fault Tree Handbook**. Washington: [s.n.]

VIATOUR, Luc - Vitruvian Man. Veneza. 1485. [Em linha]. [Consult. 23 mar. 2016]. Disponível em WWW:<URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Gallerie_dell'Accademia#/media/File:Da_Vinci_Vitruve_Luc_Viatour.jpg>.

WBI EVALUATION GROUP - Fishbone Diagrams. 2007.

WIEGMANN, Douglas; SHAPPELL, Scott - **A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis**. Cornwall : Ashgate Publishing Limited, 2003. ISBN 0754618757.

HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY - Definitions of Human Factors and Ergonomics [Em linha]. [Consult. 22 jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.hfes.org/Web/EducationalResources/HFEdefinitionsmain.html>>.

APÊNDICES

Apêndice A – Exemplos Referentes às Categorias do HFACS

Erros	Violações
Erros de Perícia	Falha na Aceitação de Instruções Falha na Utilização do Radar Altimetro Execução de uma Aproximação Não Autorizada Violação de Regras de Treino Execução de uma Manobra Excessivamente Agressiva Falha na Correta Preparação para o Voo Briefing de Voo Não Autorizado Não Autorizado para a Missão Exceder os Limites da Aeronave de Foma Intencional Voo Contínuo a Baixa Altitude em VMC Passagem Não Autorizada a Baixa Altitude
Deterioração do <i>Scan</i> Visual	
Falha na Priorização da Atenção	
Utilização Inadvertida dos Controlos de Voo	
Passo Omitido no Procedimento	
<i>Item</i> Omitido na <i>Checklist</i>	
Técnica Incorreta	
Excesso de Controlo da Aeronave	
Erros de Decisão	
Procedimento Inapropriado	
Emergência Mal Diagnosticada	
Habilidade excedida	
Manobra Inapropriada	
Decisão Errada	
Erros de Percepção	
Mau Julgamento da Distância/Altitude/Velocidade	
Desorientação Espacial	
Ilusão de Ótica	

Quadro A.1 – Exemplos fundamentais de atos inseguros (adaptado pelo autor a partir de Shappell *et al.*, 2003, p.52)

Condições dos Operadores	Fatores Pessoais	Fatores Ambientais
Estado Mental Adverso	Gestão Inadequada dos Recursos da Tripulação	Ambiente Físico
Atenção Canalizada Complacência Distração Fadiga Mental Atitude "Get-Home-It-Is" Pressa Perda de <i>Situational Awareness</i> Motivação Errada Saturação de Tarefas	Falha no <i>Back-up</i> Falha na Comunicação/Coordenação Falha na Conduta Adequada do Briefing Falha na Utilização dos Recursos Disponíveis Falha de Liderança Interpretação das Comunicações de Tráfego	Condições Meteorológicas Altitude Calor Vibração Toxinas
Estado Fisiológico Adverso	Prontidão do Pessoal	Ambiente Tecnológico
Estado Fisiológico Debilitado Doença Incapacidade Fisiológica Fadiga Física	Treino Físico Excessivo Auto-medicação Violação dos Requisitos de Descanso da Tripulação Violação dos Requisitos de <i>Bottle-to-Throttle</i>	<i>Design</i> de equipamento e controlos Características do <i>display/interface</i> Disposição da informação do checklist Automatização
Limitações Físicas/Mentais		
Tempo de Reação Insuficiente Limitação Visual Incompatibilidade de Inteligência/Aptidão Capacidade Física Incompatível		

Quadro A.2 – Exemplos fundamentais de precondições para atos inseguros (adaptado pelo autor a partir de Shappell *et al.*, 2003, p.58)

Supervisão Inadequada	Falha na Correção de um Problema Conhecido
Falha no Fornecimento de Orientação Falha no Fornecimento de Doutrina Operacional Falha no Fornecimento de Fiscalização Falha no Fornecimento de Treino Falha no Controlo de Qualificações Falha no Controlo de <i>Performance</i>	Falha na Correção de um Documento com Erros Falha na Identificação de um Piloto em Risco Falha no Desencadeamento de Ações Corretivas Falha no Reporte de Tendências Inseguras
Planeamento Inadequado das Operações	Violações na Supervisão
Falha no Fornecimento de Informação Correta Falha no Fornecimento do Briefing no Momento Adequado Missão em Desacordo com as Regras/Regulamentos Fornecimento de Inadequado do Descanço da Tripulação	Autorização de uma Situação de Risco Desnecessário Incapacidade de Fazer Cumprir Regas e Regulamentos Autorização de Tripulação Não Qualificada para o Voo

Quadro A.3 – Exemplos fundamentais de supervisão inadequada (adaptado pelo autor a partir de Shappell *et al.*, 2003, p.64)

Gestão de Recursos	Processo Organizacional
<u>Recursos Humanos</u> Seleção Pessoal Treino <u>Recursos Monetários</u> Cortes Excessivos nos Custos Falta de Financiamento <u>Instalações e Equipamento</u> <i>Design</i> Desadequado Compra de Equipamento Desapropriado	<u>Operações</u> Ritmo Operacional Pressão Temporal Quotas de Produção Incentivos Avaliação Calendarização Planeamento Inadequado <u>Procedimentos</u> Padrões Objetivos Bem Definidos Documentação Instruções <u>Fiscalização</u> Gestão do Risco Programas de Segurança
Clima Organizacional	
<u>Estrutura</u> Cadeia de Comando Delegação de Autoridade Comunicação Responsabilização Formal pelas Ações <u>Políticas</u> Contratação e Despedimento Promoção Drogas e Álcool <u>Cultura</u> Normas e Regras Valores e Crenças Justiça Organizacional	

Quadro A.4 – Exemplos fundamentais de influência organizacional (adaptado pelo autor a partir de Shappell *et al.*, 2003, p.69)