



# **Revista Científica** **Academia da Força Aérea**

---

*“E não menos por Armas que por Letras”*



# REVISTA CIENTÍFICA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA





José António de Magalhães Araújo Pinheiro  
*General*  
***Chefe do Estado-Maior da Força Aérea***



Carlos Alberto de Carvalho Gromicho  
*Major-General Piloto Aviador*  
***Comandante da Instrução e Formação da Força Aérea***  
*(interino)*



João Luís Ramirez de Carvalho Cordeiro  
*Major-General Piloto Aviador*  
***Comandante da Academia da Força Aérea***

Publicada anualmente com textos em português e em inglês, a Revista Científica da Academia da Força Aérea é uma publicação da Força Aérea.

Destina-se a divulgar a actividade da Academia da Força Aérea, nos domínios dos mestrados bem como de doutoramentos e ainda da investigação científica.

As opiniões expressas directa ou indirectamente nesta revista pertencem aos respectivos autores.

Os artigos que constam desta edição podem ser reproduzidos no todo ou em parte, não carecendo de prévia autorização.



# Revista Científica Academia da Força Aérea

## Índice

Ficha Técnica .....	8
<b>Major-General João Luís Ramirez de Carvalho Cordeiro</b> <b>Comandante da Academia da Força Aérea Portuguesa .....</b>	<b>11</b>
<b>Da dissertação à simulação .....</b>	<b>14</b>
Luís Félix, Capitão Engenheiro Aeronáutico, doutorando	
Ana Lesiário, Tenente Engenheira Aeronáutica, doutoranda	
<b>Catapulta para UAV tático: conceito e desenvolvimento .....</b>	<b>22</b>
Tiago Pereira, Aspirante Aluno do Mestrado Integrado na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica	
<b>Aero-structural Optimization of Sailplane Wings .....</b>	<b>38</b>
Bruno Cadete, Alferes Aluno do Mestrado Integrado na Especialidade de Engenharia Aeronáutica	
<b>Modelação de um sistema de programação das ações de manutenção em função da atividade operacional .....</b>	<b>49</b>
Renato Vieira, Alferes Aluno do Mestrado Integrado na Especialidade de Engenharia Eletrotécnica	
<b>Aeronave C-295M: viabilidade técnica da certificação ETOPS .....</b>	<b>60</b>
Francisco Reis, Aspirante Aluno do Mestrado Integrado na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica	
<b>Helicóptero EH101: Estudo de Fiabilidade das Bielas de Comando de Passo .....</b>	<b>72</b>
Vitalina Martins, Aspirante Aluna da Licenciatura em Manutenção de Material Aéreo	
<b>Reabilitação Estrutural de Pavimentos em Betão Pré-esforçado .....</b>	<b>86</b>
Rodolfo Arnaldo, Alferes Aluno do Mestrado Integrado na Especialidade de Engenharia Aeródromos	
<b>Toxoplasmose Cerebral: um caso clínico .....</b>	<b>96</b>
Diana Cristóvão, Alferes Aluna do Mestrado Integrado na Especialidade de Medicina	
<b>Desenvolvimento do Índice de Eficácia de um Subsistema Organizacional como Instrumento de Cockpit Organizacional .....</b>	<b>112</b>
Marco Moreira, Aspirante Aluno do Mestrado Integrado na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica	
<b>A imagem da Força Aérea Portuguesa no contexto de Operações Baseadas em Efeitos .....</b>	<b>122</b>
Pedro Nunes, Aspirante Aluno do Mestrado Integrado na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica	
<b>O aprofundamento da integração europeia num contexto de diversidade cultural: algumas ideias-chave .....</b>	<b>130</b>
Tiago Marques, Aspirante Aluno do Mestrado Integrado na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica	

<b>A Crise nos países da zona Euro – Breve reflexão.....</b>	<b>138</b>
Hugo Henrique, Capitão de Administração Aeronáutica, Curso Básico de Comando	
<b>Gestão de conflitos na Força Aérea: a perceção dos Oficiais.....</b>	<b>150</b>
Vera Monteiro, Tenente Aluna Técnico na Especialidade de Pessoal e Apoio Administrativo	
Cristina Novais, Tenente Aluna Técnico na Especialidade de Pessoal e Apoio Administrativo	
<b>Certificações de qualidade nos centros hospitalares portugueses: determinantes e consequências da sua adoção.....</b>	<b>164</b>
David Gomes, Alferes Aluno do Mestrado Integrado na Especialidade de Administração Aeronáutica	

N.B.: Os Mestrados Integrados da Academia da Força Aérea Portuguesa são em: Aeronáutica Militar nas especialidades de Pilotagem Aeronáutica, Engenharia Aeronáutica, Engenharia Electrotécnica, Engenharia Aeródromos e em Administração Aeronáutica.

Os artigos publicados referentes às Licenciaturas em Tecnologias Militares e Aeronáuticas abrangem as especialidades de Manutenção de Material Aéreo, de Armamento e Equipamento, de Material Electrotécnico e em Pessoal e Apoio Administrativo.





# Ficha Técnica

---

<b>Diretor</b>	Comandante da Academia da Força Aérea <i>Major-General João Luís Ramirez de Carvalho Cordeiro</i>
<b>Conselho Editorial</b>	Director do Ensino Politécnico da Academia da Força Aérea <i>Coronel, Engenheiro Electrotécnico, Hélio Soares Fernandes</i>  Director do Centro de Estudos Aeronáuticos <i>Coronel, Engenheiro Electrotécnico, Sérgio Nolasco Martins</i>  Comandante do Corpo de Alunos <i>Coronel, Piloto Aviador, Rui Tendeiro</i>  Director do Ensino Universitário da Academia da Força Aérea <i>Coronel, Engenheiro Aeronáutico, José Lourenço da Saúde</i>  Director do Centro de Investigação da Academia da Força Aérea <i>Tenente-Coronel, Engenheiro Electrotécnico, José Augusto Morgado</i>
<b>Desenvolvimento WEB</b>	Centro de Informática da Academia da Força Aérea

**Propriedade:** Academia da Força Aérea

**Título:** Revista Científica da Academia da Força Aérea

**Periodicidade:** Anual, Número 2, 2012

**Capa:** Comando da Academia Força Aérea

**Paginação, Impressão e Acabamento:** pré&press - RAL - Sintra - [www.pre-e-press.com](http://www.pre-e-press.com)

**Maquete Gráfica:** Direcção de Ensino Universitário - Academia da Força Aérea

**ISSN:** 2182-2174

**Depósito legal:** 328295/11

**Tiragem:** 1.000 exemplares

**Distribuição gratuita**

**Morada:** Academia da Força Aérea, Granja do Marquês, 2715-021 Pêro Pinheiro, Portugal

**Correio electrónico:** [afa@emfa.pt](mailto:afa@emfa.pt)

**Desenvolvimento WEB:** Centro de Informática da Academia da Força Aérea







Brasão do Comandante da Academia da Força Aérea Portuguesa



A investigação realizada na Academia da Força tem progressivamente vindo a ser alargada e a ter um cada vez maior impacto no seio da Força Aérea. Desenvolvida, no essencial, no quadro de funcionamento do Centro de Investigação da Academia da Força Aérea Portuguesa, tem sido posto mais e mais ênfase na realização de trabalhos de investigação aplicada, pretendendo com isso dar resposta e encontrar soluções para questões específicas, muitas delas colocadas e propostas pelas

Direções técnicas, e com aplicação direta nos sistemas de armas da Força Aérea.

Divulgam-se com a presente edição os resultados de vários trabalhos, na certeza de que, assim, proporcionamos aos leitores uma perspetiva, ainda que breve, sobre a já grande variedade e nível de complexidade dos temas tratados por alunos e investigadores da Academia da Força Aérea Portuguesa, nos domínios da engenharia, da medicina e das ciências sociais e da organização.

No campo da engenharia o destaque vai para os trabalhos que possibilitaram o desenvolvimento e concretização de um protótipo de simulador para a aeronave *Chipmunk*, que serve de tema à capa da revista. Relevam-se ainda os trabalhos referentes ao desenvolvimento de uma catapulta para UAV de nível 0; a otimização de perfis alares e ainda os resultados de um estudo sobre a fiabilidade de um componente aeronáutico que integra o sistema de comando do passo (cíclico e coletivo) de helicóptero EH101; a viabilidade de adotar o conceito ETOPS na operação do C-295M na rota atlântica entre o continente e o arquipélago dos Açores. O leitor poderá ainda tomar conhecimento dos resultados de um estudo sobre os cenários de reabilitação da pista do aeródromo de Beja, tendo em conta as previsões da sua utilização por tráfego civil.

Especial realce para, no domínio da engenharia organizacional, a continuidade da investigação aplicada em torno do estudo da eficácia de subsistemas organizacionais, tendo por base a definição de um Índice de Eficácia Operacional Global.

No âmbito da medicina, é interessante poder compreender a complexidade do processo de diagnóstico e terapêutica da toxoplasmose cerebral, fazendo-se ainda uma breve e estimulante incursão no tema das certificações de qualidade de unidades hospitalares, dando relevo aos respetivos determinantes.

A presente edição inclui também o resultado de um trabalho no qual se relaciona o tema da imagem da Força Aérea com a Guerra da Informação. Paralelamente, surgem duas reflexões sumárias, no domínio das Relações Internacionais, onde se questiona o aprofundamento da integração europeia face à diversidade cultural observada nos Estados-membros e uma outra que aborda a atual crise financeira da Europa.

Apresentamos ainda ao leitor o tema da gestão de conflitos, espelhando o resultado de um inquérito feito no seio da Força Aérea, gerando a oportunidade de verificar como os Oficiais percecionam e reagem ao tema da conflitualidade interpessoal na Força Aérea.

Estando seguros do caminho que a Academia da Força Aérea Portuguesa vem trilhando ao longo da sua ainda jovem existência, procuramos partilhar com os nossos leitores o resultado da investigação dos jovens oficiais em benefício da nobre missão da Força Aérea Portuguesa ao serviço de Portugal.

Major-General João Luís Ramirez de Carvalho Cordeiro  
*Comandante da Academia da Força Aérea Portuguesa*







# Da dissertação à simulação



Luis Félix, Capitão Engenheiro Aeronáutico, doutorando  
Ana Lesiário, Tenente Engenheira Aeronáutica, doutoranda  
Centro de Investigação da Academia da Força Aérea Portuguesa



Os alunos que terminam o ciclo de estudos de mestrado em pilotagem aeronáutica da Academia da Força Aérea Portuguesa (AFA) acumulam no total da formação 45 horas de voo, realizadas no Centro de Atividades Aéreas (CAA) da Academia da Força Aérea Portuguesa. No conjunto das referidas horas os alunos realizam atividades de voo solo, missões de contacto básico e avançado, acrobacia, navegação e voo em formação.

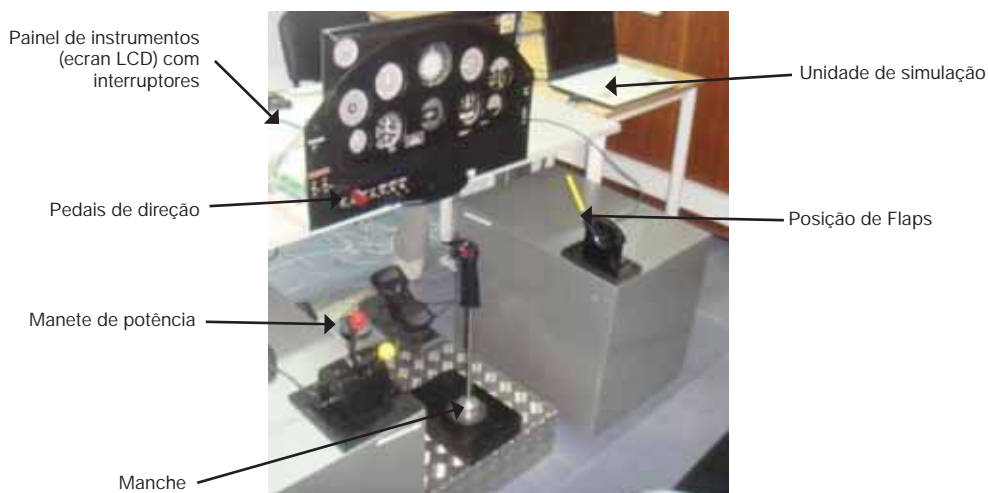
O CAA é ainda responsável pelo Estágio de Seleção de Voo (ESV) (realizado em agosto de cada ano), durante o qual se efectua a seleção de candidatos ao ciclo de estudos de mestrado em pilotagem aeronáutica e, também, pela qualificação e formação dos pilotos instrutores. Para realizar esta missão o CAA dispõe de 6 aeronaves De Havilland Chipmunk Mk.20, vulgo Chipmunk. Dada a quantidade total de alunos de pilotagem aeronáutica, cerca de 100, a taxa de esforço (horas de voo) anual da aeronave Chipmunk é considerada adequada, podendo a presente situação de restrições orçamentais constituir-se como fator limitativo da exploração das aeronaves.

De modo a ultrapassar a situação mantendo os requisitos de formação dos alunos de pilotagem, o recurso a um simulador de voo para a fase inicial da instrução é importante pois possibilita:

- a familiarização com a aeronave (o que é indispensável para os candidatos submetidos ao ESV);
- o treino de procedimentos;
- o seguimento de *checklist*;
- a realização de manobras de voo específicas;
- o treino de situações de emergência;
- a preparação de missões.

Reconhecendo pois quão importante é a existência de um simulador de voo aplicável à aeronave Chipmunk, o Centro de Investigação da Academia da Força Aérea Portuguesa, no âmbito do ramo de mestrado “Tecnologias Aeronáuticas”, ano letivo 2010/2011, coordenou com o cadete aluno do mestrado em pilotagem aeronáutica (PILAV) Joel Correia que a sua dissertação incluisse como tema a conceção de um simulador de Chipmunk, de baixo custo, a instalar no CAA.

A referida dissertação foi realizada sob a supervisão técnica do Major engenheiro eletrotécnico João Simões (da Direção de Engenharia e Programas do Comando da Logística da Força Aérea), consistindo na modelação dinâmica do comportamento da aeronave Chipmunk recorrendo ao *software* X-plane™ com desenvolvimento e construção de um *mock up* físico de simulação, conforme descrito na figura seguinte.



Mock up físico – simulador estático de Chipmunk

Este protótipo de simulador foi sujeito a testes de validação por pilotos da Esquadra 802, tendo-se revelado que o comportamento dinâmico do sistema de simulação estático reproduzia com alguma fidelidade o comportamento da aeronave real.

O sucesso do trabalho de dissertação constituiu em si mesmo estímulo para que o Centro de Investigação da AFA lhe desse continuidade através da implantação do sistema de simulação na fuselagem de uma aeronave Chipmunk.

Com esta opção alunos e candidatos ao ciclo de estudos de mestrado PILAV teriam assim possibilidade de ter um nível de familiarização com a aeronave Chipmunk mais próximo da realidade, exercitando prodedimentos de familiarização de voo e manobras previstas para o ESV<sup>(1)</sup> e instrução elementar de voo.

Para tanto, haveria que instalar numa fuselagem real os vários comandos da aeronave transdutores, os quais atuando como sensores de posição e interruptores da consola de controlo, permitiriam interagir com uma unidade de simulação. Os sensores teriam que ser colocados:

- nas *manetes* de potência;
- nos pedais actuadores da deriva;
- na manete de posição dos flaps;
- no manche;
- no compensador.

(1) ESV: Estágio de Selecção de Voo que tem lugar no decorrer do processo de recrutamento e avaliação de candidatos ao mestrado integrado em Pilotagem Aeronáutica.

A fim de desenvolver o simulador, o Museu do Ar disponibilizou uma aeronave Chipmunk, que se encontrava no Centro de Formação Militar e Técnica da Força Aérea em fase de restauração. Dado o estado em que se encontrava a fuselagem da aeronave a utilizar foi necessário realizar um conjunto de trabalhos, os quais foram subdivididos em 2 partes, a saber:

Primeira parte – recuperação e manufatura do berço:

1. Separação, sem destruição, das secções cockpit – cauda;
2. Remoção de cabos de comando e controlo da aeronave, desacoplando o manche, as ligações aos flaps, o leme de direção e o de profundidade;
3. Restauro da carlinga e da fuselagem (remoção de tinta, corrosão e repintura com disticos);
4. Construção do berço para suporte da fuselagem.

Segunda parte – modificação da fuselagem (posto do aluno e do piloto-instrutor):

1. Adaptação da aeronave e instalação de sensores de movimento para poder simular no modelo computacional as ações tomadas dentro do *cockpit*, nomeadamente: movimentos do manche, pedais, flaps e comandos do motor;
2. Instalação de monitor LCD para representação dos instrumentos da aeronave;
3. Instalação de placas de conversão analógico-digital disponibilizando os sinais para os computadores de simulação;
4. Adoção do esquema de pintura atual do Chipmunk em operação na AFA;
5. Realização das ligações elétricas entre os sensores e o computador de simulação;
6. Parametização do programa de simulação.

Durante 5 meses a aeronave cedida pelo Museu do Ar foi submetida ao processo de restauro, introdução de modificações e pintura realizadas no Centro de Formação Militar e Técnica da Força Aérea e na Base Aérea n.º 1 (Sintra).

As demais tarefas diretamente relacionadas com a introdução de sensores, placas de leitura de sinais, ligação ao computador de simulação foram realizadas pelo Centro de Investigação da Academia da Força Aérea Portuguesa.

As imagens seguintes ilustram o processo de preparação do cockpit.



Vista geral do posto do aluno e do Instrutor (aeronave por recuperar)



Condição interna da aeronave por recuperar



Fuselagem no berço



Fuselagem restaurada (final)

Presentemente, o cockpit de Chipmunk objeto de recuperação e adaptação encontra-se instalado no CAA, tendo para o efeito sido criada uma sala de simulação, com sistema de projeção utilizando imagem plana.

A simulação do voo é realizada num computador principal, o qual recebe a entrada dos sensores que detetam a atuação sobre os comandos de voo da aeronave, e que também é responsável pela simulação gráfica dos instrumentos de voo.

O processo denominado *rendering* dos gráficos é assegurado por um segundo computador que recebe a posição e atitude da aeronave.

A próxima figura exhibe o resultado final do simulador desenvolvido, tirada a partir do posto do aluno. Nela se observa os instrumentos digitais gerados no LCD bem como a pista com o sistema de luzes.





Simulador de Chipmunk (vista do posto do aluno)

No dia 1 de fevereiro de 2012 o Comandante da AFA realizou o primeiro voo *oficial* no simulador (*fly out*).

Tratando-se de um protótipo, o sistema de simulação estático entrará em fase de validação recorrendo a pilotos instrutores, de modo a que se possa proceder a afinações de comportamento do simulador, permitindo que se comporte como a aeronave Chipmunk, de modo a que alunos e candidatos possam experimentar sensações de voo tão próximas da realidade quanto for possível.

A ferramenta de simulação desenvolvida pelo Centro de Investigação da AFA com o apoio de várias entidades da Força Aérea, sem pretender substituir horas de voo, é um passo importante na formação e na própria investigação científica.

Em termos de formação vai servir para aprofundar o processo de instrução dos alunos do ciclo de mestrado de pilotagem permitindo que aqueles se familiarizem no solo com a aeronave com grandes benefícios económicos e, principalmente, reconhecidas vantagens em termos de segurança na aprendizagem.

Em termos de investigação científica vai permitir novos estudos de desenvolvimento os quais deverão permitir:

- passar do modelo de representação gráfica plana a imagem curva (180°);
- introdução de um posto de instrutor com programas de formação específicos;
- desenvolvimento de sistemas de forças mais robustos;
- reprodução de voos reais realizados por alunos (*debriefing* de voos reais).

O desenvolvimento do protótipo de sistema de simulação da aeronave Chipmunk, para além das vantagens económicas e de formação, abre seguramente novas possibilidades em termos do estudo do comportamento dinâmico de uma aeronave a qual é central do processo de formação e de investigação científica na Academia da Força Aérea Portuguesa.

# Catapulta para UAV tático: conceito e desenvolvimento



Autor: Tiago Pereira, Aspirante Aluno do Mestrado Integrado  
na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica  
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

Orientadora: Maria Madruga, Major Engenheira Aeronáutica  
Sub diretora do Centro de Investigação  
da Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

Co-Orientador: João Caetano, Tenente Engenheiro Aeronáutico  
Investigador do Centro de Investigação  
da Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

**Resumo.** No âmbito do projeto de Investigação e Tecnologia em Veículos Aéreos Não-Tripulados (PITVANT), o qual envolve o Centro de Investigação da Academia da Força Aérea Portuguesa e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, foi desenvolvido um protótipo de catapulta para um UAV com massa máxima de 4,5 kg. Trata-se de um equipamento destinado a operar aeronaves não tripuladas para emprego tático num teatro de operações.

O sistema foi desenvolvido recorrendo, em termos de dimensionamento geométrico, ao software “Solid Works”. O resultado compreende uma catapulta de baixo custo e nível de complexidade, facilmente transportável por um militar, capaz de lançar um UAV tático com massa até 4,5 kg a partir de um sistema de aceleração que permite atingir uma velocidade de lançamento de  $11 \text{ m.s}^{-1}$ .

A catapulta foi dimensionada e manufacturada, o que permitiu realizar vários testes nos quais se demonstrou as características acima referidas.

Dada a simplicidade e robustez da solução, o protótipo de catapulta desenvolvido apresenta características que fazem com que possa vir a ser utilizado operacionalmente.

**Palavras-chave:** Catapulta para UAV tático

## 1. INTRODUÇÃO

Com a invenção da pólvora, as catapultas caíram em desuso. Contudo, o desenvolvimento tecnológico trouxe novamente o desafio da exploração de catapultas. Remontando ao passado, na primeira e segunda guerras mundiais, pequenas catapultas eram usadas para lançar granadas. Atualmente, modernas catapultas são instaladas em porta-aviões como meio para o lançamento e apoio à descolagem das aeronaves.

Paralelamente, de acordo com o documento “Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2007-2032” do departamento de defesa dos Estados Unidos da América, existem 6 categorias para classificar os UAV, a saber, nível 0 a nível 5. Cada nível é caracterizado pela velocidade máxima da plataforma, massa e altitude máxima de operação. Prevê-se que mais de 80% dos UAV desenvolvidos e em operação, entre 2006 e 2016, estejam incluídos nos níveis 0, 1 e 2 (definidos no referido documento).

A operação de UAV táticos (os quais podem ser considerados nos níveis 0 e 1) motivou a criação de catapultas de pequeno e médio porte. Dada a variedade de UAV existentes, tornou-se necessário desenvolver um leque de diferentes tipos de catapultas, baseadas em diversas formas propulsivas. As mais usuais utilizam sistemas de impulso baseado em elásticos ou em sistemas pneumáticos.

No âmbito das atividades do Centro de Investigação da Academia da Força foi recentemente desenvolvido um UAV tático com apenas 3 kg de massa máxima à descolagem (MTOW) que tem como finalidade a operação por tropas avançadas no terreno. Foi concebido para ser transportado numa mochila e operado em qualquer terreno até 3 km de altitude. Tem a capacidade de desenvolver um voo completamente autónomo, possuindo cerca de uma hora de autonomia.

O conceito de operação do Mini-UAV, indicado na figura abaixo, obrigou à exploração e desenvolvimento de um sistema de lançamento prático e leve, capaz de colocar o Mini-UAV em operação. A figura 1 apresenta a referida aeronave realizando um voo de demonstração.



**Figura 1:** Mini-UAV (desenvolvido no CIAFA)<sup>(1)</sup>

Uma vez que este tipo de sistemas de lançamento não se encontram disponíveis no mercado, pois as suas características dependem do UAV a projetar para voo, a respetiva aquisição não constitui em si mesmo uma opção.

Assim, o CIAFA no âmbito do processo PITVANT<sup>(2)</sup> incluiu a definição de requisitos para efeitos de dimensionamento e a manufactura de uma catapulta que respondesse aos requisitos abaixo indicados que:

- permitisse o lançamento de um UAV com MTOW até 4,5 kg;
- possibilitasse a descolagem sem recorrer a pista ou a terreno preparado;
- fosse transportável apenas por uma pessoa;
- fosse de fácil instalação no terreno;
- tivesse baixo custo de manufactura.

Baseados nestas exigências operacionais e económicas, o presente artigo descreve o trabalho de investigação destinado a definir e a dimensionar uma catapulta para UAV, cujo sistema de impulso se baseia na energia cinética desencadeada por elásticos.

## 2. REQUISITOS DA CATAPULTA

Tomando como ponto de partida a natureza operacional prevista para um UAV tático, o dimensionamento da catapulta em termos geométricos e dinâmicos baseou-se nos seguintes parâmetros:

- Capacidade lançamento de UAV: MTOW 4,5 kg;
- Sistema de aceleração: elásticos;
- Transporte em mochila com: 0,6x0,25x0,25 m<sup>3</sup>;
- Catapulta + UAV: 5 kg;
- Capaz de sustentar 50 lançamentos sem necessitar manutenção;

(1) Centro de Investigação da Academia da Força Aérea Portuguesa.

(2) Projecto de Investigação em Veículos Não Tripulados a decorrer na Academia da Força Aérea Portuguesa.



- Velocidade de lançamento do UAV:  $11 \text{ m.s}^{-1}$ ;
- Inclinação da plataforma de lançamento:  $11^\circ$ ;
- Capacidade de lançamento de diferentes tipos de UAV, mediante conversão;
- Sistema de lançamento: um operador;
- Montagem e instalação no terreno:
  - a. tempo máximo: 5 min;
  - b. sem recurso a qualquer tipo de ferramenta;
  - c. um operador;
- Custo total máximo da matéria-prima para a manufactura: 150 €.

### 3. DIMENSIONAMENTO DA CATAPULTA

O dimensionamento da catapulta para lançamento de um UAV tático desenrolou-se em 4 fases, i.e.:

- I. Dimensionamento do sistema de forças que permite catapultar o UAV;
- II. Definição da geometria da catapulta, incluindo definição dos mecanismos de funcionamento recorrendo a geometria 3D;
- II. Aquisição de componentes standard e manufactura em máquinas ferramenta de tipo CNC dos vários componentes metálicos que formam o sistema de catapulta;
- V. Ensaios de funcionamento.

#### 3.1 Dimensionamento do sistema de elásticos para catapultagem do UAV

A próxima secção inclui uma apresentação da metodologia que foi usada para determinar o sistema de forças que permite ao UAV ser catapultado, tendo em conta os requisitos acima. Assim, passa-se em revista a determinação da aceleração, a que se segue o cálculo da força de propulsão e por fim o estabelecimento da quantidade e tipo de elásticos que gerarão a força necessária a colocar no ar o UAV.

##### A - Determinação da aceleração para realizar lançamento

As equações da cinemática, ver 3.1 e 3.2, permitem a determinação da aceleração necessária. Nestas,  $v$  é a velocidade à saída da catapulta,  $v_i$  é a velocidade inicial do lançamento,  $a$  é a aceleração média que se pretendia determinar,  $t$  é o tempo do lançamento,  $x$  é a posição final do deslocamento e  $x_0$  a posição inicial.

$$v = v_i + a.t \quad (3.1)$$

$$x = x_0 + v_i.t + \frac{1}{2} a.t^2 \quad (3.2)$$

Para a velocidade de saída pretendida de  $11 \text{ m.s}^{-1}$  e uma calha de 1 metro de comprimento, obteve-se uma aceleração média de:

$$a = \frac{11^2}{2 \times 1} = 60,5 \text{ m.s}^{-2} \quad (3.3)$$

## B - Determinação da força propulsora (a gerar pelos elásticos)

O cálculo das forças que atuam no conjunto UAV-lançador assenta na relação presente na figura 2. Nesta encontram-se as forças que atuaram no corpo, assim como o sentido e direção das mesmas.

As seis forças que atuam no conjunto durante o lançamento são: a força dos elásticos ( $F_e$ ); a força de atrito ( $F_a$ ); o peso ( $P_c$ ); a componente normal ( $N$ ); a força propulsiva desenvolvida pelo UAV ( $T$ ) e a resistência ao avanço ( $D$ ). O ângulo relativamente ao solo ( $\theta$ ) é de  $11^\circ$ .

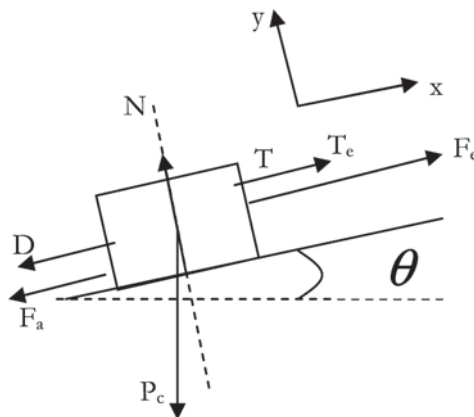


Figura 2: Sistema de forças que atua durante o lançamento do UAV

Aplicando as equações da dinâmica à figura 2, obtiveram-se as próximas duas equações nas quais  $F_{Rx}$  representa a força resultante no eixo  $x$ .  $m_c$  a massa do corpo e  $a_c$  a aceleração média. No eixo  $y$ ,  $P_{cy}$  corresponde à força associada ao peso do corpo, projectado no eixo  $y$ , e  $N$  representava a força de reação da superfície ao peso do corpo.

$$F_{Rx} = m_c \cdot a_c \quad (3.4)$$

$$P_{cy} = N \quad (3.5)$$

A força resultante  $F_{Rx}$  é definida através da seguinte equação:

$$F_{Rx} = F_e + T - F_a - D - P \cdot \sin \theta \quad (3.6)$$

Resolvendo a equação (3.4) em ordem a  $F_e$ , resulta:

$$F_e = m_c \cdot a_c + P \cdot \sin \theta + F_a + D - T \quad (3.7)$$

A massa do sistema lançador foi previamente definida em 0,5 kg, tornando-se este valor um objetivo a alcançar durante a sua construção.

No que concerne ao atrito e à força que lhe estão associadas, relativa ao mecanismo de lançamento, tomou-se como ponto de partida o uso de rolamentos para fazer o contacto entre o lançador e a calha de lançamento da catapulta.

Após pesquisa relativa ao valor do coeficiente de atrito existente nos rolamentos seleccionados, verificou-se que este é de 0,0015. No entanto, foi definido para este projeto o valor de 0,01, como medida mais conservadora para o cálculo (ou seja assume-se que o atrito é maior, pelo que se exigiria mais força de impulso).

Os parâmetros *D* e *T* foram definidos recorrendo aos dados do projeto do mini-UAV a ser lançado, em que para 11 m.s<sup>-1</sup>: *D* = 3 N, e para a força propulsiva debitada pelo motor à potência máxima: *T* = 9 N [2].

Os ensaios de lançamento do protótipo foram realizados com massas desprovidas de força propulsiva. Assim, estes parâmetros não são usados na próxima equação, tendo sido referidos apenas para mostrar em como a componente da força relativa ao peso se torna insignificante quando comparado com a força desenvolvida pelos elásticos.

Substituindo todos os parâmetros na equação 3.8 e considerando o valor aproximado da aceleração da gravidade (*g*) igual a 9,8 m.s<sup>-2</sup>, resulta:

$$F_E = 5 \times 60.5 + 5 \times 9.8 \times \sin 11 + 0.01 \times 5 \times 9.8 \times \cos 11 \tag{3.8}$$

$$F_E \approx 312,33 \text{ N} \tag{3.9}$$

Concluindo, a força a gerar pelo conjunto dos elásticos a aplicar na catapulta teria de garantir um valor médio de cerca de 315 Newton.

### C - Ensaios de tração aos elásticos

Para se determinar qual a força desenvolvida por cada elástico fizeram-se ensaios de tração de tipo “tentativa-e-erro”. Assim, efecturam-se dois conjuntos de ensaios. Os primeiros foram realizados recorrendo a elásticos com uma secção de diâmetro (Ø) de 6 milímetros (mm).

O ensaio de tração foi realizado solicitando cada elástico na sua extremidade com uma massa que lhe provocou o respectivo alongamento.

Na primeira experiência caracterizou-se o comportamento de dois elásticos com comprimentos (L) diferentes, mas com a mesma seção circular (6mm). Ambos os elásticos foram sujeitos às mesmas forças. As próximas duas tabelas mostram o comportamento dos elásticos de 1 m e 0,5 m, respetivamente, quando sujeitos a várias forças:

Tabela 1: Ensaio elástico Ø6 mm (1m)				Tabela 2: Ensaio elástico Ø6 mm (0,5m)			
L = 1m	ΔL (cm)	Força (N)	% Alongamento	L = 0,5m	ΔL (cm)	Força (N)	% Alongamento
	7,0	11,76	0,070		3,5	11,76	0,070
	33,0	17,15	0,330		17,0	17,15	0,340
	41,0	18,62	0,410		20,2	18,62	0,404
	51,7	20,58	0,517		26,2	20,58	0,524
	65,0	22,54	0,650		31,1	22,54	0,622
	67,8	24,01	0,678		33,6	24,01	0,672

Este ensaio demonstrou também, como seria de esperar, que dois elásticos com a mesma secção transversal e com comprimentos diferentes reagem de maneira diferente quando sujeitos à mesma força de tração. No entanto, ao se relacionar o alongamento sofrido com o comprimento inicial do elástico, verifica-se que essa relação é constante. Na próxima figura é visível como os dois elásticos tendem a ter um comportamento igual mediante pesos iguais.

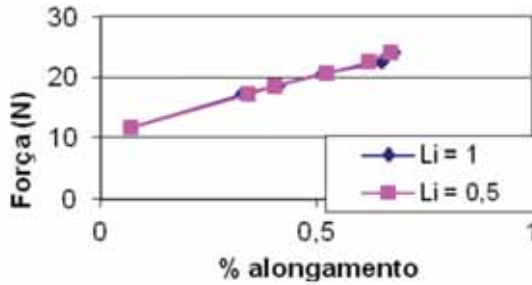


Figura 3: Força vs %alongamento

Uma vez que os elásticos testados possuem um comportamento linear, modelou-se o seu comportamento através de uma função linear, ou seja,

$$F_E = m \times \Delta L(\%) + b \quad (3.10)$$

Através da equação 3.10 determinou-se o alongamento a que um elástico teria de ser sujeito ( $\Delta L$ ) até conseguir desenvolver a força necessária para que a catapulta efetuasse o lançamento ( $F_E$ ). A equação 3.11 traduz o comportamento dos elásticos testados ( $\varnothing 6\text{mm}$ ).

$$F_E = 19,7 \times \Delta L(\%) + 10,4 \quad (3.11)$$

Uma vez que o comportamento dos elásticos é linear, a força desenvolvida foi considerada como a média das forças correspondentes ao alongamento max  $F_{Ef}$  e mínimo  $F_{Ei}$  :

$$F_{Em} = \frac{F_{Ef} + F_{Ei}}{2} \quad (3.12)$$

Admitindo que uma vez colocados na catapulta os elásticos iriam sofrer um alongamento máximo de 100% e mínimo de 10%, a força média desenvolvida seria:

$$F_{Em} = \frac{12,37 + 30,1}{2} = 21,235\text{N} \quad (3.13)$$

O resultado deste processo indicou que o conjunto total das forças a desenvolver pelos elásticos testados seria insuficiente. Assim sendo, quando comparada com a força necessária para efetuar o lançamento pretendido, foram testados elásticos de maior espessura. A próxima figura apresenta os testes realizados a elásticos de Ø 8, 10 e 12mm.

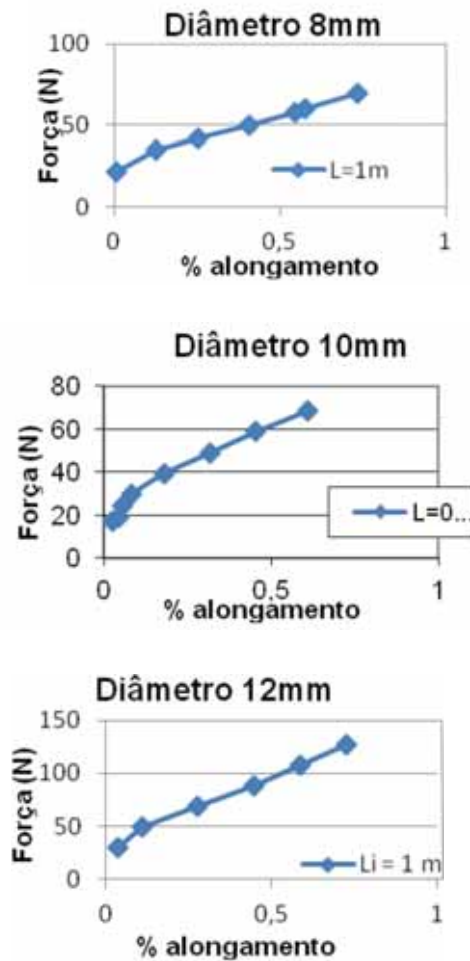


Figura 4: Resultado dos ensaios a diferentes diâmetros de elásticos

A força média desenvolvida pelos elásticos de Ø8, 10 e 12 mm foi de 58,2 N, 66.06 N e 104.325 N, respetivamente. Aplicando a estes ensaios metodologia semelhante à apresentada acima, a combinação de elásticos envolvendo dois com uma seção transversal de Ø12 mm e dois de Ø8mm, permite atingir uma força média de 306 N que deverá impulsionar o UAV de modo a atingir uma velocidade de saída de  $11 \text{ m.s}^{-1}$ .



### 3.2 Componentes estruturais e geometria

De modo a cumprir os requisitos, o sistema de catapulta foi dividido em 4 partes cujos componentes adoptam a seguinte designação:

1. Estrutura (principal);
  - a. Calha;
  - b. Gatilho;
  - c. Batente;
2. Lançador:
  - a. Rolamentos;
  - b. Grampos;
  - c. Chapas laterais (guiamento);
  - d. Sistema de batentes;
3. Pernas de suporte;
4. Suporte de fixação dos elásticos (propulsores).

#### A - Estrutura (principal)

##### Calha

A calha é o componente mais importante a nível estrutural. A ela estão ligados todos os restantes componentes. Além disso, todos os esforços que a catapulta sofre passam por este componente.

Após análise de algumas catapultas existentes no mercado, e tendo em conta a forma simples que apresenta, assim como a facilidade em ser trabalhado, uma baixa relação massa/volume e a sua elevada robustez, o formato adoptado foi o de tubo em alumínio com perfil quadrangular. A medida escolhida foi um perfil de 50 mm<sup>2</sup>, com uma espessura de parede de 2 mm, e com 1,5 m de comprimento.

##### Gatilho (*trigger*)

O gatilho é o componente que permite a segurança e o disparo. Foi obtido a partir de uma chapa em alumínio com 3 mm de espessura, e forma em "L" recortado, maquinado numa fresadora de tipo CNC. É acionado por um simples sistema de cabo metálico e manípulo (ver figura 5).

##### Sistema de batentes

O sistema de batentes colocados na catapulta é composto por um de molas e borrachas (figura 7) cujo objetivo é travar a calha de lançamento que projectou para o ar o UAV, absorvendo a energia do movimento.

Na calha foram colocadas duas molas, uma de cada lado, com borrachas nas extremidades. De forma a determinar-se a constante  $k$  das molas, definiu-se que estas deveriam comprimir 8 cm.

Abaixo apresenta-se o cálculo que permitiu estabelecer o valor da referida constante para as molas, onde apenas é contabilizada a massa do lançador dado que o UAV se solta assim que o conjunto toca nos batentes, devido ao pouco atrito oferecido pelos sistema. Assim:

$$k = \frac{m v^2}{2 \times x^2} = \frac{0,5 \times 11^2}{2 \times 0,08^2} = 4726,6 \text{ Nm}^{-1} \quad (3.14)$$

Uma vez que a catapulta tem de ter capacidade para lançar UAV com massa inferior a 4,5 kg, a velocidade de embate do lançador contra os batentes é superior a 11m.s<sup>-1</sup>. Assim, estabeleceu-se que as molas teriam o dobro do valor da constante calculada, ou seja cerca de 9500N.m<sup>-1</sup>. Desta forma, a velocidade limite de embate é de 15 m.s<sup>-1</sup>.

## B - Sistema Lançador

O lançador é o componente que transporta e projeta para o ar o UAV ao longo da calha. Abaixo tecem-se algumas considerações sobre a selecção dos seus vários componentes.

### 1) Selecção dos rolamentos

Para garantir a resistência estrutural da ligação dos rolamentos ao lançador, foram utilizados parafusos de 6 mm de diâmetro. Os rolamentos escolhidos apresentam um diâmetro interno de 6 mm e um externo de 19 mm. Tendo em conta que a velocidade de rotação máxima permitida pelo fabricante para estes rolamentos é de 36.000 rpm, calculou-se a rotação sofrida a 15 m.s<sup>-1</sup> de forma a validar a escolha feita, ou seja, a verificar em como não se ultrapassaria o valor nominal máximo de rotação permitida:

$$\begin{aligned} \text{Perímetro do rolamento} = \\ \pi \cdot D = \pi \times 0,019 \approx 0,0597 \text{ m} \end{aligned} \quad (3.15)$$

$$\frac{15 \text{ m.s}^{-1}}{0,0597 \text{ m}} \approx 251,25 \text{ Hz ou seja } 15.075 \text{ rpm} \quad (3.16)$$

### 2) Grampos

Os grampos destinam-se a garantir a ligação entre o lançador e o UAV. Foram produzidos em chapas de alumínio com 3 mm de espessura, maquinados numa fresa de tipo CNC. O lançador engloba quatro grampos, dois colocados à frente e dois na retaguarda.

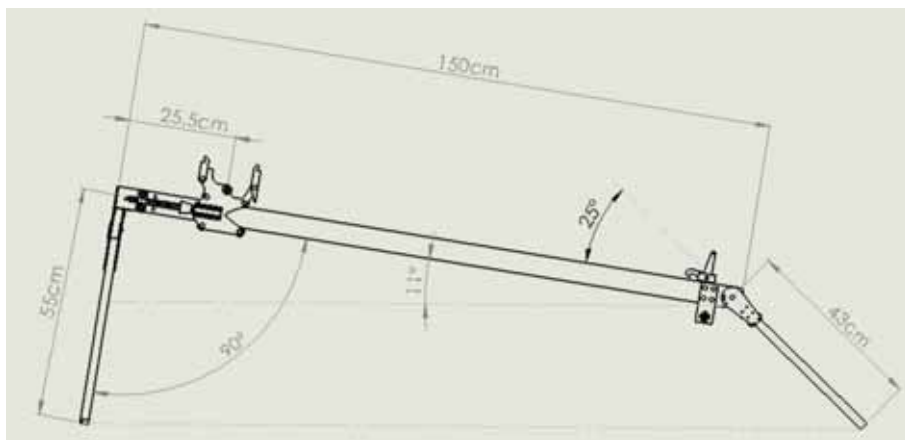
### 3) Chapas laterais e Batentes

As chapas laterais do lançador servem de elo para ligação dos diferentes componentes que o constituem. Estas também foram produzidas em chapas de alumínio de 3 mm de espessura. Os batentes colocados no lançador permitem que as chapas laterais deste não embatam directamente nos batentes colocados no final da calha.

## C - Pernas de suporte

As pernas da catapulta têm como função suportar a catapulta. Estas permitem a regulação do ângulo de lançamento e permitem apoio em chão irregular. Desta forma foram colocadas

três pernas na catapulta, duas frontais e uma traseira. Na figura seguinte está representado o esquema geral da catapulta com as pernas e respetivas dimensões.

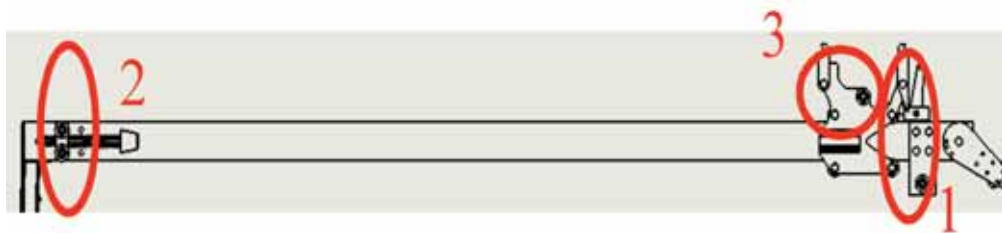


**Figura 5:** Geometria geral catapulta (vista lateral)

A ligação da perna traseira à calha da catapulta permite regular o ângulo de disparo de forma simples e rápida. As pernas frontais possuem uma ligação fixa onde está incorporada uma dobradiça que permite serem rebatidas contra a calha, facilitando a arrumação do conjunto na mochila definida como requisito.

#### D - Suporte de fixação dos elásticos (propulsores)

O sistema de propulsão inclui três tipos de fixação dos elásticos, os quais são apresentados na próxima figura. O número 1 corresponde ao suporte fixo; o número 2 ao suporte de mudança de direção, onde foram colocados rolamentos sobre os quais deslizam os elásticos; e o número 3 ao suporte móvel, ligado ao lançador.



**Figura 6:** Posicionamento dos elásticos na catapulta

Os rolamentos usados no suporte de mudança de direção são semelhantes aos usados no lançador.

### 3.3 Testes funcionais

De modo a afinar e assim validar o processo de dimensionamento da catapulta, e assim cumprir com os requisitos definidos, realizaram-se vários testes funcionais. Destes resultou a ineficácia da solução inicial, pois vários componentes degradaram-se rapidamente enquanto a estrutura principal teve que ser melhorada. De entre as alterações ao design inicial destacam-se:

#### A - Rolamentos

Os primeiros rolamentos usados no lançador foram escolhidos por serem leves. A figura seguinte mostra o estado de degradação total a que foram sujeitos ao final de trinta lançamentos. Em consequência foi adotado um rolamento em metal, o qual embora mais pesado é mais duradouro.



Rolamentos em teflon (Icus)



Rolamento em aço

**Figura 6:** Estado dos rolamentos Icus após trinta lançamentos e nova opção

#### B - Sistema de Batente

Tal com no caso anterior, os primeiros 30 ensaios revelaram que o sistema rígido de batente não suportava as cargas de desaceleração do lançador. Foi feito um novo design cuja solução está referida na figura abaixo.



**Figura 7:** Batentes finais do protótipo

## C - Pernas de apoio

Os testes revelaram lacunas na resistência da fixação da estrutura principal nomeadamente na ligação das pernas de apoio. A figura abaixo apresenta a zona onde se detectaram fissuras após 30 lançamentos com UAV de 4,5 kg.

Paralelamente, a geometria da catapulta não se revelou completamente estável em termos laterais, o que obrigou a reduzir a altura do seu centro de gravidade.



Figura 8: Fissura (assinalada) na perna de apoio traseira

### 3.3 Testes operacionais

O último conjunto de testes consistiu na execução de vários lançamentos a partir da catapulta projectada, usando diversos pesos e elásticos. Através de equações da balística foi possível estimar a velocidade de saída dos projéteis lançados, atendendo à distância por eles percorrida.

Realizaram-se cerca de 60 lançamentos cujos resultados estão descritos na tabela 4.

Como se verifica, a velocidade de  $11 \text{ m.s}^{-1}$  pretendida é alcançada no lançamento do UAV com 5kg, usando para isso 2 elásticos de Ø8mm e mais dois de Ø12mm, tal como previsto.



Tabela 3: Resultados obtidos com os ensaios de lançamento do UAV

Dimensão e quantidade de elásticos	Massa (kg)	Distância (m)	Velocidade (m s <sup>-1</sup> )	Tempo (s)	Força (N)	Aceleração (m s <sup>-2</sup> )
2xØ8	1,7	4,9	9,09	0,55	73,56	41,31
	2,4	4,9	9,09	0,55	103,85	41,31
	5	2,9	6,16	0,48	104,65	18,97
4xØ8	1,7	8,5	12,95	0,67	145,88	83,85
	2,4	8,5	12,95	0,67	205,94	83,85
	3,3	5	9,11	0,56	143,42	41,5
	5	4,6	8,69	0,54	198,6	37,76
2xØ12	1,7	6,5	10,87	0,61	103,77	59,08
	2,4	6,5	10,87	0,61	146,5	59,08
	3,3	5	9,11	0,56	143,42	41,5
	5	4	7,85	0,52	163,85	30,81
2xØ8+2xØ12	1,7	9	13,51	0,68	158,47	91,26
	2,4	9	13,51	0,68	223,73	91,26
	3,3	7,5	11,96	0,64	242,48	71,52
	5	6,5	10,87	0,61	305,2	59,08

### 3.4 Configuração geral da catapulta

A figura abaixo apresenta o aspeto geral da catapulta desenvolvida para poder catapultar mini-UAV.



**Figura 9:** Aspeto geral da catapulta

As dimensões geométricas são as que se encontram definidas na figura 5. O sistema final incorpora as modificações que foram implementadas à medida que se foram realizando os vários testes funcionais e operacionais.

## 4. CONCLUSÕES

O presente artigo mostra a metodologia usada que levou ao dimensionamento de um sistema de catapulta para lançar UAV abaixo de 5 kg (nível 0).

A solução adotada é simples e cumpre o parâmetro operacional de lançar um UAV com uma velocidade de  $11 \text{ m.s}^{-1}$  e um ângulo de  $11^\circ$ .

Todavia, a atual geometria não permite respeitar o volume de arrumação pretendido, ou seja, para já não foi possível respeitar as medidas da mochila definidas ( $0,6 \times 0,25 \times 0,25 \text{ m}^3$ ) uma vez que o protótipo ocupa um volume de  $1,5 \times 0,25 \times 0,25 \text{ m}^3$ .

Quanto ao peso da catapulta, este situa-se em 4,15 kg o que leva a que o conjunto Catapulta e o UAV ascenda a 7 kg, em vez dos desejados 5 kg, como expresso nos requisitos de dimensionamento.

Quanto ao custo final da matéria-prima, o seu valor final excedeu ligeiramente o montante pretendido.

Como trabalho complementar, é importante a implementação de uma bateria de testes de resistência para demonstrar a robustez operacional da solução.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Morgado, J; Sousa, J. **O Programa de Investigação e Tecnologia em Veículos Aéreos Autónomos Não-Tripulados da Academia da Força Aérea Portuguesa**. Cadernos do IDN, N°4 2ª série (2009), p. 9-24
- [2] Pestana, J. – **Design de um UAV de nível 1, de acordo com os requisitos de missão do PITVANT**. Sintra: 2011. Dissertação de mestrado.
- [3] RODRIGUES, Fernando de Sousa – **O Poder Aéreo na transformação da defesa**. Cadernos do IDN, N° 4 2ª série (2009), p.1-8
- [4] **Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2007-2032**, Office of the Secretary of Defense. Dez de 2007

# Aero-structural Optimization of Sailplane Wings



Autor: Bruno Cadete, Alferes Aluno do Mestrado Integrado  
na Especialidade de Engenharia Aeronáutica  
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

Orientador: Professor Doutor André Calado Marta  
Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa

**Abstract:** This article presents a framework for the multidisciplinary design analysis and optimization of sailplane wings. A methodology for the establishment of the multidisciplinary optimization (MDO) framework is presented. The approach used employs a multidisciplinary feasible architecture. The geometric parameterization approach employed follows a free-form deformation method. To solve the aero-structural problem, a panel method coupled with a finite-element solver is implemented. The coupled non-linear system is solved using an approximate Newton-Krylov approach. The optimization algorithm uses sequential quadratic programming, where the gradients are evaluated using the adjoint method. A real sailplane wing, based on the L-23 Super Blanik from the Portuguese Air Force, is used as test case. Results are presented for a multidisciplinary optimization with drag minimization as objective. The results reveal important trade-offs between disciplinary optimum and multidisciplinary optimum at the preliminary design stage.

**Keywords:** Aero-structural problem. Multidisciplinary optimization. Free-form deformation method. Panel method. Finite-element method. Sailplane wings.

## 1. INTRODUCTION

In aircraft preliminary design it is very important to take into account not only the elegance of the aircraft but also its disciplinary constraints. Typically, the integration of the disciplines is only handled in the latter stages of the design, through prototype testing. However, with the emergence of a new generation of aircraft, with unusual design approaches like the blended-wing body, should a “build and test” approach be used, it would be too time and resources consuming, as no past experience exists. This is where the power of Multidisciplinary Optimization (MDO) techniques can make a difference.

However, the utilization of MDO in aircraft design has only fully emerged as a technique viable for aircraft design in the last two decades. With MDO approach, time can be gained and a better and unusual feasible result may be achieved, without the approach of “do as others have done”.

## 2. METHODOLOGY

In order to establish an aero-structural optimization tool, a roadmap with the necessary tasks was followed. This roadmap is presented in Figure 1. In this respect, the first task performed was a literature review on the history of MDO in aircraft industry. Works were reviewed, from the first surveys on MDO problems published by the MDO Technical Committee in 1991 [1] where MDO started to be seen as an efficient way to overcome the computational challenges of a new emerging method for aircraft conceptual design, to more recent works as those from Kennedy and Martins [2][3], where more robust and efficient solving methods, as Newton-Krylov method and adjoint-sensitivity method, are used within MDO frameworks.

The next task was to define the problem. To this end, an MDO problem can be seen as a system containing multiple sub-systems. Each of these handles a discipline, having implicitly a set

of governing equations. These, solved with an appropriate set of inputs, generate a disciplinary state. The set of inputs consist not only of disciplinary variables handled at sub-system level but also of discipline coupling variables, handled at a system level. In its formulation, the MDO problem can be compared to a simple optimization problem as three entities need to be defined: the objective function, the design variable set and the constraint set. However, it has two main differences compared to an optimization problem with a single discipline as pointed by Yi et al. [4]: the fact that each discipline needs inputs that result from other disciplines and that there are common objective functions, design variables and constraints, shared by the disciplines. These differences make MDO problems larger and more complex. Ultimately, the way how an MDO problem is converted into one or more standard optimization problems is what defines the MDO strategy or architecture.

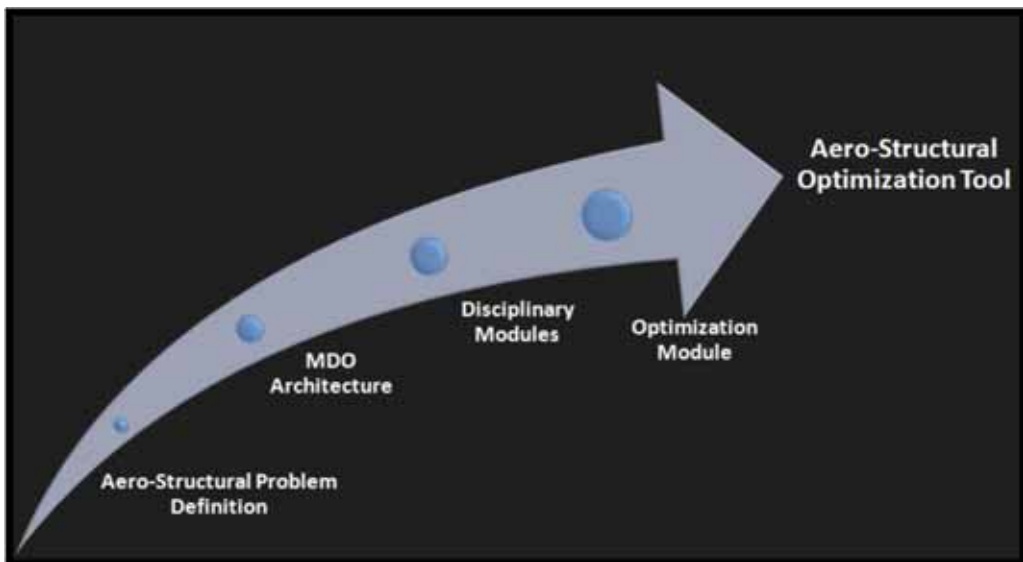


Figure 1: Methodology for the development of the aero-structural optimization tool.

### 3. MDO ARCHITECTURE

A wide variety of MDO architectures have been proposed and evaluated either by defining a different problem formulation or by finding the most efficient optimization algorithms [1]. Also, research in the advantages and disadvantages of each MDO architecture has been made by many authors, such as Perez et al. [5]. From the review of those researches a Multi-Disciplinary Feasible (MDF) layout was chosen for the established aero-structural optimization tool. The MDF layout is composed by an optimizer over an aero-structural analysis module. This takes in the optimizers set of design variables, optimal global  $z$  and local variables  $x$  and iterates over the disciplinary analyses until a consistent set of coupling variables has been generated. Then, the complete variable set is used to compute the values of the objective and constraint functions. A schematic representation of the flow of information using MDF architecture is presented in Figure 2. Mathematically, this architecture can be described as:



$$\begin{aligned} \text{Minimize : } & f(z, y_i(x, y_j, z), x), \quad i, j = 1, \dots, n \quad j \neq i, \\ & z, x \\ \text{s.t.: } & g(z, y_i(x, y_j, z)) \leq 0, \end{aligned}$$

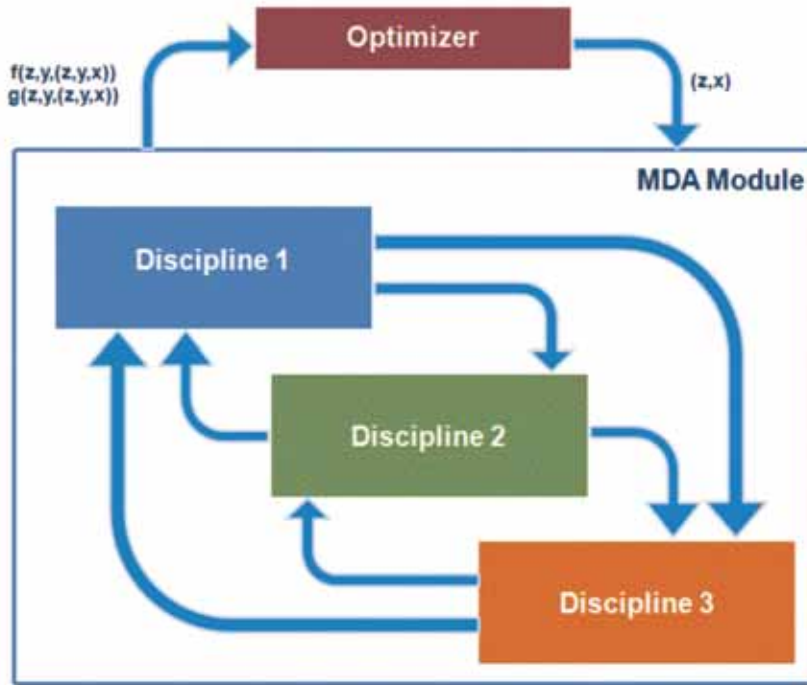


Figure 2: Multidisciplinary design feasible architecture.

#### 4. AERO-STRUCTURAL OPTIMIZATION TOOL

Once the MDO architecture was chosen, the next step was to establish an aero-structural optimization tool. To that end, the first task was to choose a proper geometric parameterization method. Kenway et al. [3] presented a method that follows a *CAD-free* geometry parameterization approach. As this method presented good results and the fact that having no need to use a CAD software for the geometric parameterization is an advantage itself, it was chosen to be used within the MDO framework. Then, with proper agreement, tool modules developed at the University of Toronto (UoT) MDO Lab were tested: two aerodynamic disciplinary solvers and one structural solver. Based on the fidelity of the results, the ease of implementation and coupling, two were chosen: a panel code named *Tripan* for the aerodynamics, and a parallel finite-element analysis package named *TACS* for the structures. As a result of the choice of MDF architecture, only one global optimizer was needed. After testing some optimizers, the one chosen was *SNOPT* [6], a sparse sequential quadratic programming (SQP) algorithm. This object-oriented framework for formulating and solving non-linear constrained optimization problems was used to handle the optimization process. Thus, the final framework used for the tool is shown in Figure 3.

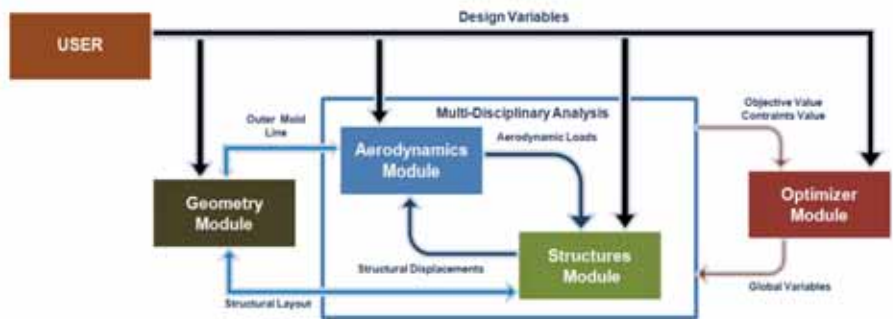


Figure 3: MDO tool structure established for the aero-structural optimization of sailplane wings.

5. DISCIPLINE MODULES

Modern gliders have average speeds to fly in the range of 20m/s to 30m/s, which for an average fight altitude of 1000 meters, allow the airflow to be considered incompressible. For the analysis of this airflow an unstructured, three-dimensional panel code named *Tripán* was chosen. *Tripán* uses a first-order panel to calculate the aerodynamic forces, moments and pressures for inviscid, incompressible, lifting flows around the wing.

Once the pressure forces are transferred to the structural model of the wing, a structural finite-element solver is used to compute the displacements at the surface of the wing. The code used was developed by Graeme J. Kennedy of UoT called Toolkit for the Analysis of Composite Structures (*TACS*) and was created for the analysis of stiffened, thin-walled, composite structures using either linear or geometrically non-linear strain relationships.

6. AERO-STRUCTURAL COUPLING

The aerodynamic and structural surface models do not necessarily coincide. So, the closest point in the structural model to each aerodynamic surface point is located, through which a load or displacement transfer can be accomplished via a rigid Link, as shown in Figure 4.

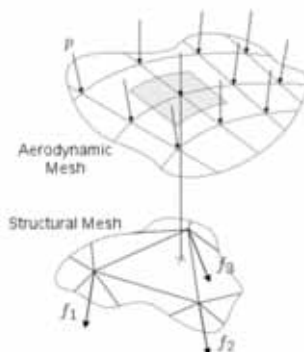


Figure 4: Load transfer scheme.

A similar procedure can be used to transfer the aerodynamic forces to the structural model. Once the displacements are computed, the pressure on the deflected wing is subject to change, thus, an iterative procedure called approximate *Newton-Krylov* method is used to solve the resulting coupled non-linear system of equations,

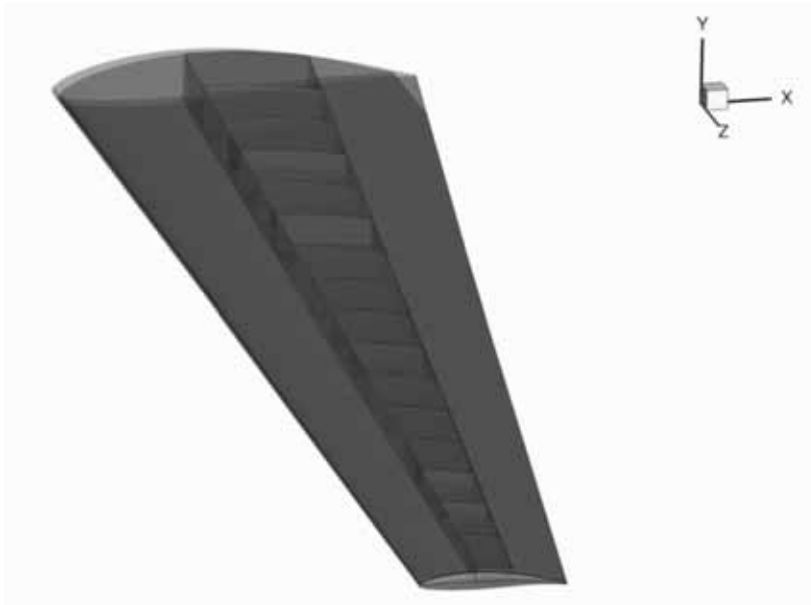
$$\mathbf{R}(q, x) = \begin{bmatrix} \mathbf{A}(w, u, x) \\ \mathbf{S}(w, u, x) \end{bmatrix} = 0$$

## 7. INTERFACE

The code of the disciplinary solvers were each wrapped using the *Python* programming language. The scripting and object-oriented nature of *Python* was critical in establishing an efficient interface between the user and the tool and between each of its modules.

## 8. RESULTS

The aero-structural optimization tool was tested on a model of the L-23 “*Super Blanik*” wing. A computational representation of the wing geometry and internal structure, made within the *CAD-free* geometry module, is presented in Figure 5.



**Figure 5:** Geometry objects for the case study of the L-23 wing.

The flow and structural simulation parameters used within the aerodynamic and structural modules for the aero-structural optimization run are presented in Table 1.

Aerodynamic Parameters	Value	
Mach	0.0743	
Angle of Attack	3	°
Density	1.1117	$Kg/m^3$
Speed of Sound	336.4346	$m/s$
Structural Parameters	Value	
Material Density	2810	$Kg/m^3$
Material Young Module	71.7	$GPa$
Material Poisson Ratio	0.33	
Material Correlation Factor	0.8333	
Material Yield Strength	434	$MPa$
Top Skin Thickness	5	$mm$
Bottom Skin Thickness	5	$mm$
Spar Thickness	10	$mm$
Rib Thickness	8	$mm$

Table 1: Flow and structural parameters for the aero-structural optimization.

The aero-structural optimization performed was a drag minimization problem with a weight constraint, enforcing the weight reduction. As variables there were the angle of attack, the twist and chord of four sections, and the thickness of the panels from the top and bottom skins and the thickness of the spars and ribs. Mathematically, the aero-structural optimization problem is represented as:

Minimize :	$C_D,$	
s.t.:	$L = W_{Sailplane},$	
	$0.3 < KS < 2,$	
w.r.t.:	$\alpha, \theta(z/b), c(z/b),$	$z/b = 0.3, 0.6, 0.9, 1,$
	<i>Top Skin, Bottom Skin, Spar, Rib Thicknesses.</i>	

To summarize the results of the aero-structural optimization, a comparison of the initial and optimized design variables and constraints for the case study is given in Table 2. As the number of thickness variables was too long, a median was made for each group of components. The results of the aero-structural optimization show that its objective was achieved, which was the

drag minimization subjected to aerodynamic and structural constraints, enforcing the weight reduction of the structure.

Constraint	Initial Value	Optimized Value	Lower Bound	Upper Bound	
Total Mass	530	525	0	525	<i>Kg</i>
Vertical resultant force	-	0	0	0	<i>N</i>
KS top skin group	-	0.340	0.3	2	
KS bottom skin group	-	0.358	0.3	2	
KS spar group	-	0.353	0.3	2	
KS rib group	-	2	0	2	
Parameter	Initial Value	Optimized Value	Lower Bound	Upper Bound	
Angle of Attack	3	1.24	-4	7	°
Twist (z/b=30%)	0	5	-10	10	°
Twist (z/b=60%)	0	5	-10	10	°
Twist (z/b=90%)	0	5	-10	10	°
Twist Tip	0	5	-10	10	°
Chord Scale (z/b=30%)	1	0.768	0.5	2	
Chord Scale (z/b=60%)	1	0.768	0.5	2	
Chord Scale (z/b=90%)	1	0.768	0.5	2	
Chord Tip	1	0.768	0.5	2	
Median Top Skin Thickness	5	1.5	1.5	10	<i>mm</i>
Median Bottom Skin Thickness	5	1.5	1.5	10	<i>mm</i>
Median Spar Thickness	5	5	5	10	<i>mm</i>
Median Rib Thickness	8	10	1.5	10	<i>mm</i>
$C_D$	0.00774	0.00687			
Time	0	17635			<i>seconds</i>

**Table 2:** Aero-structural optimization parameters for the L-23 study case.

The final optimized design, respecting all the constraints, was obtained with a decrease of **11%** in the  $C_D$  and a decrease of **0.009%** in the total weight. Also some trade-offs had to be made between the structural performance and the aerodynamic performance. Some graphical results are shown in Figures 6 and 7.



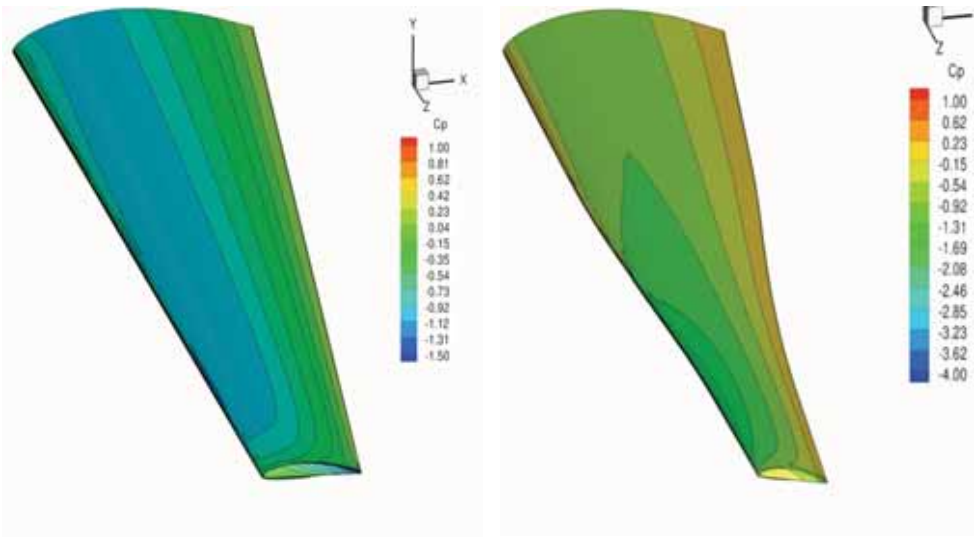


Figure 6 (a)(b): Initial (a) and optimized (b) wing surface with  $C_p$  distribution.

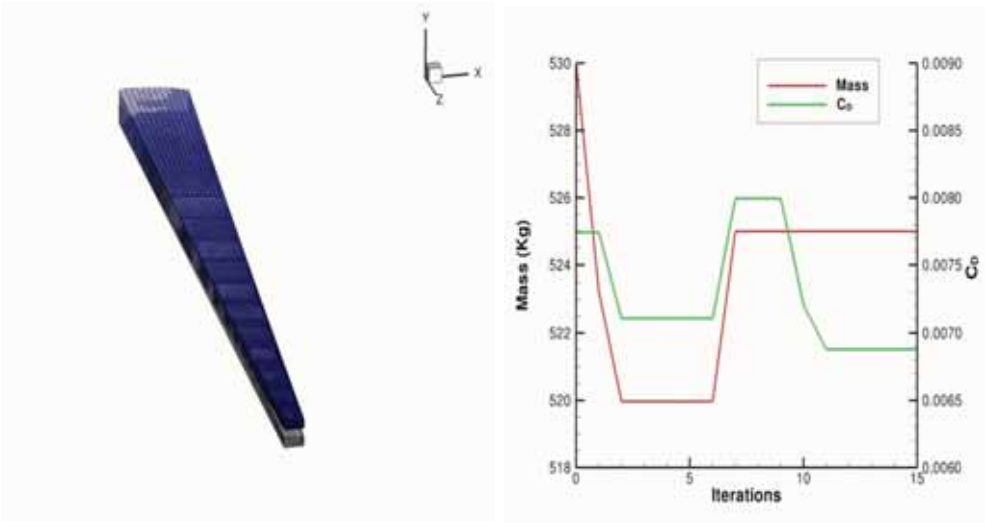


Figure 7 (a)(b): Optimized wing structure deformation (a) and optimization history for the evolution of the objective, Drag, and structural constraint, Weight (b).

## 9. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The multidisciplinary optimization is an innovative and important as it allows taking into account the restrictions from various disciplines in the preliminary design stage of a wing and thus saving resources and needs for redesigns in later stages. The results obtained using the MDO tool established, although revealing some important disciplinary trade-offs, were very satisfactory, thus, proving that this technique can achieve good results in preliminary design of sailplane wings.

In the future it is important to explore the full capabilities of the modules implemented in order to make more realistic and real project applied exercises.

## 10. REFERENCES

- [1] MDO Technical Committee, editor (1991). Current State of the Art in **Multidisciplinary Design Optimization**, volume White Paper. AIAA, Reston VA
- [2] Kennedy, G. J. and Martins, J. R. R. A. (2010). **Parallel solution methods for aerostructural analysis and design optimization**. 13th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis Optimization Conference
- [3] Kenway, G. K., Kennedy, G. J., and Martins, J. R. R. A. (2010). CAD-free approach to high-fidelity aerostructural optimization. 13th AIAA/ISSMO **Multidisciplinary Analysis Optimization Conference**, pages 1–3.
- [4] Yi, S. I., Shin, J. K., and Park, G. J. (2007). **Comparison of MDO methods with mathematical examples. Structural and Multidisciplinary Optimization**.
- [5] Perez, R., Liu, H. H. T., and Behdinan, K. (2004). **Evaluation of multidisciplinary optimization approaches for aircraft conceptual design**. In **AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference**, Albany, NY.
- [6] Gill, P. E. (2008). **User's Guide for SNOPT Version 7: Software for Large-Scale Nonlinear Programming**. Department of Mathematics of University of California

# Modelação de um sistema de programação das ações de manutenção em função da atividade operacional



Autor: Renato Vieira, Alferes Aluno do Mestrado Integrado  
na Especialidade de Engenharia Eletrotécnica  
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

Orientador: Professor Doutor José Barata Oliveira  
Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa

**Resumo:** Neste artigo modela-se o processo de geração automática de um calendário de atividades de manutenção programada aplicável ao helicóptero EH101. Este modelo integra algoritmos genéticos e programação por restrições. A sua avaliação no Sistema de Armas EH101 “Merlin” apresenta soluções que minimizam o tempo dedicado a tarefas de manutenção (*ground time*) e maximizam o escalonamento destas atividades, ou seja, reduzem a frequência com se imobilizam as aeronaves.

**Palavras-chaves:** algoritmos genéticos, programação por restrições, planeamento de manutenções.

## 1. INTRODUÇÃO

A Força Aérea é parte integrante do sistema de forças nacional e tem por missão cooperar, de forma integrada, na defesa militar da República, através da realização de operações aéreas, e na defesa aérea do espaço nacional.

Neste contexto, a programação das intervenções de manutenção nas aeronaves operadas é realizada tendo em conta a sua utilização, nomeadamente, as horas de voo e ciclos de funcionamento ou são realizadas periodicamente (em intervalos de tempo previamente definidos). O elevado número de manutenções de aeronaves e a limitação dos recursos envolvidos, leva a que o planeamento de tarefas de manutenção de um Sistema de Armas seja fundamental no cumprimento das suas missões operacionais.

O planeamento de tarefas de manutenção envolve assim múltiplas variáveis interdependentes, tais como o número de aeronaves, os limites de utilização (vulgo potenciais) associados e quantidade máxima de aeronaves em manutenção em simultâneo. Este problema consiste em determinar quais as tarefas de manutenção a efetuar, e definir, estrategicamente, onde estas vão ser realizadas no período do calendário, respeitando todas as restrições.

O planeamento das intervenções de manutenção tem assim como objetivo manter o máximo número de aeronaves disponíveis para voo, de forma a poder concluir as operações/missões designadas, e a preservar um nível de operacionalidade elevado, minimizando o tempo de imobilização das aeronaves submetidas a manutenção.

Neste sentido, o ideal seria que o plano gerado fosse “ótimo” para o problema em questão. Para avaliar se um dado plano otimiza ou não os recursos, existe assim uma função objetivo/custo. O plano ótimo é aquele que maximiza/minimiza essa função.

Aparentemente parece fácil gerar o plano ótimo, bastando para tanto selecionar de todos os possíveis planos (o que satisfazem as restrições), aquele que otimiza os recursos. No entanto, quando o número de planos viáveis cresce, a solução vai-se tornando cada vez mais difícil do ponto de vista computacional, sendo um problema NP [1], ou seja, a complexidade temporal é não polinomial. Para resolver este tipo de problemas, existem várias técnicas que geram soluções aproximadas, isto é, que se aproximam do ótimo.

Duas das técnicas mais usadas são os Algoritmos Genéticos (AG) [2] e a Programação por Restrições (PR) [3]. Ambas as ferramentas são muito poderosas no que diz respeito à sua grande flexibilidade na modelação de problemas e na especificação de restrições complexas, principalmente em problemas com múltiplas dimensões.

Neste artigo apresenta-se um método aproximado para o planeamento automático das intervenções de manutenção, aplicável à aeronave EH101 (usada communente nas atividades de busca e salvamento). Este método foi fortemente influenciado pelos métodos propostos em [4] e [5]. Para além de serem propostas para planeamento automático de atividades de manutenção para aeronaves, todos tinham características/princípios disjuntos, que poderiam ser boas opções para o problema em estudo. Com base em [4] o uso de Algoritmos Genéticos permite trabalhar com várias soluções e escolher de estas a mais favorável. Na metodologia prevista em [6] o uso de Programação por Restrições permite garantir uma solução que satisfaz as especificações do problema. No que concerne a [5] o uso de métodos heurísticos para a criação de um planeamento de atividades iniciais que posteriormente é otimizado.

## 2. MANUTENÇÃO DE AERONAVES

Nos termos da legislação aeronáutica civil (Regulamento 2042 da Agência Europeia de Segurança da Aviação), define-se como manutenção as *"atividades de revisão, retificação reparação, inspeção, substituição, modificação ou correção de defeito de uma aeronave ou componente, com a exceção de inspeção antes do voo"*, que têm como objetivo assegurar o cumprimento das instruções de aeronavegabilidade continuada e dessa forma manter aeronavegável uma aeronave (ou motor ou hélice).

Neste contexto, um dos conceitos mais importantes na manutenção de aeronaves é o da regeneração de potencial, o qual corresponde de forma prática ao ciclo de funcionamento que determinado componente pode suportar até ter de ser submetido a uma ação de manutenção programada que lhe regenere o respetivo valor.

Em termos técnicos, o calendário de manutenção define assim os potenciais para os componentes críticos que, quando atingidos ou esgotados, obrigam a que a aeronave seja submetida a manutenção. Quando se esgota um potencial, a respetiva ação de manutenção tem como objetivo a regeneração desse mesmo potencial, para que no final desta o componente esteja apto para cumprir um novo período de horas de voo até que se esgote novamente, e assim sucessivamente.

### 2.1 Planeamento Operacional

Trata-se do calendário de operações onde se definem as atividades operacionais a executar por uma frota de aeronaves, num dado período de tempo. Isto é, caracteriza para cada período de tempo e aeronave as atividades que devem ser realizadas. O mesmo calendário inclui o regime de esforço que as aeronaves devem realizar no período em questão (ou seja as horas de voo previstas para o referido período). No caso da Força Aérea, o número de aeronaves na frota é fixo, e as atividades podem ser executadas por: (1) realização de horas de voo, ou para cumprir certas ações de manutenção (2).



## 2.2 Aeronave estudada

A aeronave estudada no presente trabalho foi o EH101. Trata-se de um helicóptero cujo programa de manutenção se encontra definido, envolvendo ciclos de manutenção por horas de voo para a fuselagem.

No que concerne aos motores, o seu conceito é o de um motor modelar sujeito ao conceito de manutenção do tipo “*on-condition*”, conjugado com programa de manutenção envolvendo componentes com limite de vida e potencial.

Neste trabalho, o principal elemento a modelar diz respeito às intervenções na célula, considerando-se que as remoções de órgãos que esgotaram o potencial são feitas no intervalo de tempo durante o qual se realizam as ações de manutenção sobre a célula.

## 2.3 Conceito de Manutenção modelado

No caso da aeronave em estudo são dois os tipos de inspeção de manutenção modelados: (1) a inspeção por calendário - realizada periodicamente; (2) a inspeção por horas de voo.

Cada tipo de inspeção tem associado uma duração e uma tolerância para limite de exploração. A junção de atividades de manutenção (célula e componentes) faz com que a duração da manutenção resultante tenha uma menor duração que a soma da duração das manutenções individuais envolvidas.

## 2.4 Recursos

O número de aeronaves em atividades de manutenção, em simultâneo, deve ser limitado, pois no planeamento daquelas é necessário tomar em conta os seguintes aspetos:

- recursos logísticos associados às operações de manutenção (e.g., equipamentos, espaço de hangar);
- O número de aeronaves disponíveis para cumprir o planeamento operacional.

## 3. MODELAÇÃO DE PLANEAMENTO DAS INTERVENÇÕES DE MANUTENÇÃO

A solução adotada para o escalonamento de tarefas de manutenção de aeronaves é um método aproximado, que pretende conciliar as características mais favoráveis ao problema das técnicas de Algoritmos Genéticos (AG) e Programação por Restrições (PR).

Cada uma destas técnicas possui mecanismos específicos para a resolução deste tipo de problemas. Contudo, devido às variáveis do problema em questão (escalonamento de tarefas de manutenção em aeronaves) e ao número elevado de restrições complexas, adotou-se um método híbrido que:

1. Trabalhasse com um conjunto de possíveis soluções, de modo a conseguir a solução mais favorável;
2. Diminuisse de uma forma mais eficaz as soluções geradas que não satisfizessem as especificações do problema, de modo a garantir uma solução possível.

O método proposto incorpora alguns princípios de base das técnicas de AG e PR. Assim, de AG as características adotadas foram as seguintes:

- Possibilidade de trabalhar com várias soluções;
- Comparar soluções com base numa função que avalia a qualidade;
- Permitir a evolução através de operações, até se chegar a uma solução melhor.

Quanto a PR, tratou-se de criar mecanismos que incidissem diretamente nas restrições do problema, nomeadamente no número de aeronaves em manutenção em simultâneo, nas tolerâncias de voo associadas a manutenções e na geração de planos nas aeronaves. Na Figura 1 apresenta-se o modelo da aplicação desenvolvida.

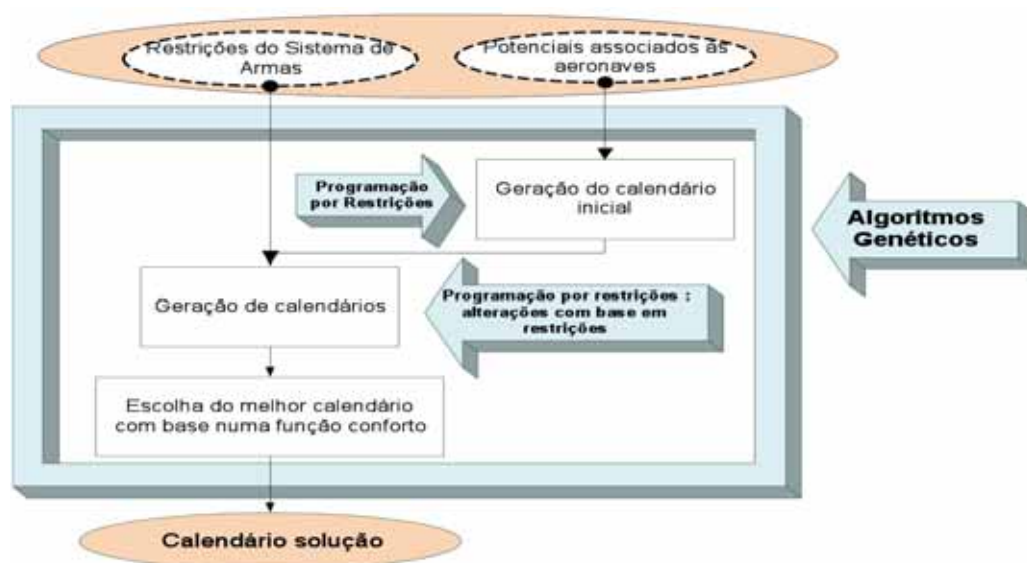


Figura 1: Modelação do planeamento da manutenção

Na aplicação desenvolvida são gerados automaticamente diferentes calendários de manutenção para o período em estudo, de modo a poder escolher aquele que se apresentar como melhor solução para o problema. Estas soluções são geradas com diferentes valores aconselháveis para o número de aeronaves que devem entrar em manutenção em simultâneo, caracterizando-se calendários do tipo i-p (no início e ao longo do período do calendário).

### 3.1 Geração de calendário de manutenção programada

O método utilizado para a geração de um calendário é fortemente influenciado pelos princípios da técnica de AG, já que cria uma população inicial (calendários de entrada em manutenção) a qual sofre alterações até ser encontrada uma solução que satisfaça as especificações do problema. Esta solução é a mais favorável ao problema, de todas as geradas, a qual é escolhida com base numa função de custo/conforto aplicada a todos os indivíduos da população.

É de salientar que em qualquer momento da geração de um calendário de entrada em manutenção existe sempre um que é considerado o mais favorável, entre todos já gerados para o problema em questão. Para além disso, em qualquer momento a população não deve ultrapassar uma dada dimensão, pelo que é necessário eliminar os indivíduos menos favoráveis ao problema.

O fluxograma associado à geração de um calendário apresenta-se na Figura 2.

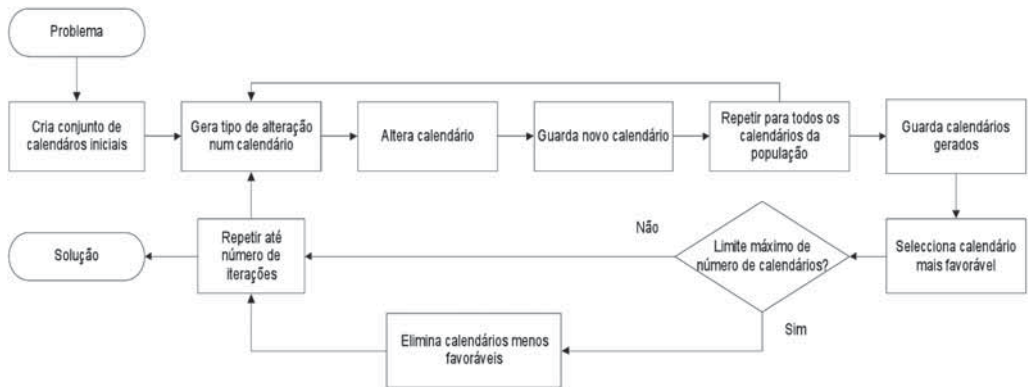


Figura 2: Fluxograma da geração de um calendário de manutenção.

### 3.2 Calendários iniciais

A população inicial é gerada tendo como base as especificações do problema que dizem respeito, unicamente, ao escalonamento de tarefas de manutenção das aeronaves.

Esta população é composta por  $n$  calendários (indivíduos), todos eles iguais, sendo criados independentemente os planos para cada aeronave com base nos seus potenciais. Cada calendário define para todas as aeronaves uma sequência de atividades a realizar para cada dia do plano de manutenção.

#### 3.2.1 Plano inicial de uma aeronave

O método utilizado para a geração de um plano de manutenção numa aeronave consiste em iterar todos os dias, e para cada um decidir se a aeronave ainda pode realizar horas de voo ou tem de efetuar manutenções.

Esta decisão baseia-se no estado corrente da respetiva aeronave, isto é, o número de horas que a aeronave ainda pode efetuar antes de entrar em manutenção – no fundo determina-se o potencial disponível. Caso a aeronave não possa continuar a efetuar horas de voo, a atividade a realizar será o conjunto de manutenções para as quais não possui potencial disponível.

O regime de esforço associado ao plano de cada aeronave é o valor máximo entre o valor do regime de esforço do calendário a dividir pelo número de aeronaves e, o regime de esforço mínimo associado à aeronave, caso exista.

Na Figura 3 é apresentado o fluxograma do método de geração do plano inicial de uma aeronave.

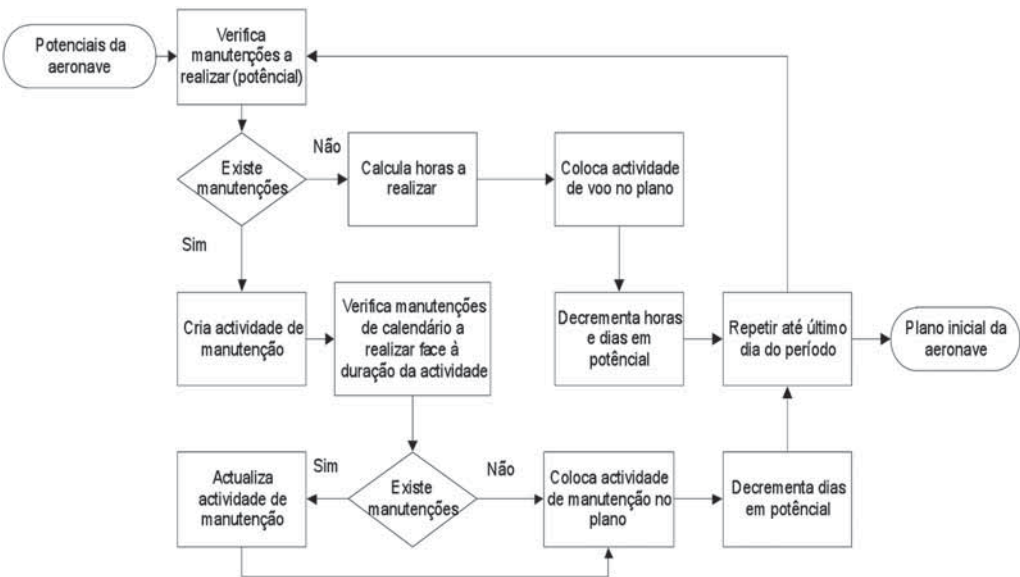


Figura 3: Fluxograma da geração do plano de entrada em manutenção

### 3.3 Alterações de calendários

Em cada iteração do método proposto para a geração de um calendário, os calendários/ indivíduos sofrem alterações, aumentando assim a quantidade de indivíduos na população, de forma a poder analisar mais planos gerados, que podem ser, ou não, mais favoráveis ao problema.

Estas alterações são modeladas criando eventos associados aos calendários, os quais sofrem modificações. A maioria destas alterações dizem respeito ao tratamento das especificações (restrições) que não são satisfeitas no indivíduo em causa (por exemplo, tratamento de manutenções em simultâneo) e/ou que necessitam de ajustes (por exemplo, atribuição de tolerância de voo, associado a uma manutenção). As restantes alterações, ainda que não tratem especificações do problema, tentam aproximar o indivíduo da solução ótima. São exemplo disso, a união de manutenções e/ou o escalonamento de manutenções.

Em consequência, as alterações sofridas nos calendários estão longe de ser como os eventos de mutação ou cruzamento típicos dos AG, já que incidem diretamente nas especificações do problema (típico de PR).

#### 3.3.1 Junção de atividades de manutenção (célula e órgãos)

A junção de duas manutenções consecutivas tem como objetivo diminuir o número de dias que a aeronave está em manutenção (*ground time*). A junção de manutenções consiste na união de um par de manutenções consecutivas de uma aeronave, tomando em conta as tolerâncias permitidas para estas manutenções.

### 3.3.2 Aplicação de tolerância

A aplicação de tolerância numa manutenção consiste em atrasar ou antecipar o seu início, respeitando os potenciais da aeronave associada, no que diz respeito a horas de voo e a dias de calendário. O aproveitamento da tolerância pode ser total ou parcial.

O adiamento da entrada em manutenção é feito de acordo com a regulamentação aeronáutica aplicável.

### 3.3.3 Escalonamento de manutenções

O escalonamento de manutenções tem como objetivo minimizar a quantidade de manutenções que são realizadas simultaneamente, escalonando-as ao longo do calendário. O escalonamento é realizado através de um adiantamento ou atraso de manutenções de modo a evitar congestionamento das aeronaves em hangar, o que impediria o cumprimento do planeamento.

### 3.3.4 Resolução do excesso de manutenções em simultâneo

O tratamento de excesso de número de manutenções em simultâneo (conflito) no calendário é realizado com base nas alterações de aplicação de tolerância e de adiantamento em manutenções.

## 3.4 Calendário mais favorável

Em cada momento os calendários da população têm sempre associado um índice que denominou-se de *Conforto (fitting index)*, o qual pretende expressar a resposta da solução matemática gerada face às especificações do problema (ou seja ao cumprimento das condições de partida). Assim, durante o ciclo de iteração matemática, em cada momento é guardado o calendário/solução mais favorável, considerando-se como a solução mais favorável aquela que converge para zero. No momento final da aplicação, a solução gerada é o calendário cujo índice é o menor de entre todos os calendários gerados pela simulação.

O *Conforto* de um determinado calendário deve avaliar se este cumpre com todas as especificações referentes ao problema e a qualidade do mesmo como solução do problema. Assim sendo, as características avaliadas no cálculo deste valor são:

1. Número de dias em que existe excesso de manutenções (Conflito) (corresponde às aeronaves a aguardar entrada em manutenção – com potencial esgotado);
2. *Ratio* do número de dias de manutenções planeadas resultantes da simulação vs dias de manutenção definidos nas condições de partida (RelDiasMan);
3. Média diária do número de manutenções simultânea envolvendo várias aeronaves (MedManSim).

O índice criado para apurar da qualidade do calendário gerado pela simulação está definido na eq. (1) em que  $\alpha=1$ ,  $\beta=10$  e  $\mu=1000$ , valores definidos de modo a expressar a qualidade do resultado de cada simulação.

$$\text{Índice de Conforto} = \alpha * \text{MedManSim} + \beta * \text{RelDiasMan} + \mu * \text{Conflito} \quad (1)$$

Como decorre da fórmula, é dado um peso menor ao escalonamento de manutenções, e penaliza-se (maior peso) fortemente a existência de manutenções em simultâneo que excedam o limite permitido.

#### 4. AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO MODELO

A avaliação do modelo de cálculo foi realizada com base nos dados de configuração dos potenciais de uma aeronave EH101 Merlin da Esquadra de Voo 751, obtidos em dois momentos distintos. Os dados de configuração da referida aeronave utilizados em todos os testes experimentais foram:

- Dados1 e Dados2: valores reais;
- Dados3 e Dados4: dados gerados a comparar com os valores associados aos valores reais no ano 2011.

Neste estudo foram analisados vários valores correspondentes à qualidade do calendário, nomeadamente os valores médios associados aos dias de manutenção das aeronaves e número máximo de manutenções em simultâneo. Para além disso, foi avaliado o desempenho da aplicação no seu tempo de execução e na qualidade dos calendários gerados ao longo de vários períodos. O número de iterações foi de 50 por cada conjunto de dados, para um regime de esforço anual de 1.800 horas de voo.

##### 4.1 Qualidade do calendário

Para os testes experimentais realizados sobre cada um dos ficheiros de entrada, foi registado, para cada iteração, o número de conflitos existentes na solução gerada. Foi possível observar que a percentagem de soluções favoráveis para todos os calendários gerados foi sempre superior a 90%, sendo em dois conjuntos de dados (Dados 1 e Dados3) de 100%.

A percentagem conseguida foi considerada razoável para problemas de otimização que utilizam métodos deste tipo. Para além disso é de salientar que o problema em questão é complexo, já que o método proposto parte de um estado inicial (população inicial) a qual vai evoluindo com base em alterações. O estado inicial para estes conjuntos de dados apresenta diversas *violações* aos valores aconselháveis de manutenções em simultâneo (conflitos). Na Tabela 1 apresenta-se o número de conflitos existentes para cada tipo de calendário gerado.



Tabela 1: Número de conflitos iniciais

Manutenções em simultâneo		Número de conflitos inicial			
Início	Período	Dados1	Dados2	Dados3	Dados4
6	3	61	65	46	40
5	3	61	65	46	40
4	3	61	65	46	40
3	3	61	65	46	40
6	2	103	102	108	110
5	2	103	102	108	110

A maioria das soluções geradas neste modelo computacional, foram calendários do tipo 6-3, para os conjuntos de dados Dados1 e Dados2. Nos outros conjuntos de dados os calendários gerados estão repartidos pelos tipos 6-3, 5-3,4-3 e 3-3 (Figura 4).

É de salientar que os calendários gerados, para os ficheiros Dados3 e Dados4, apresentavam, na sua maioria, apenas 2 ou 3 manutenções em simultâneo por dia, ainda que, como observado na Figura 4, os calendários fossem de diferentes tipos. O número de dias existentes com manutenções em simultâneo ilustra-se na Figura 5.

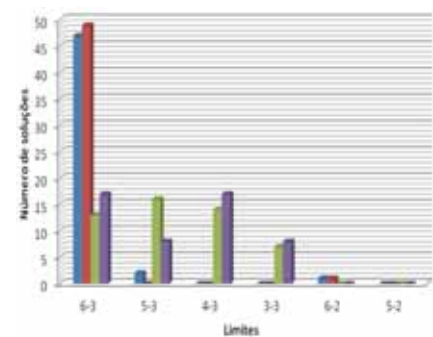


Figura 4 - Limites das soluções geradas.

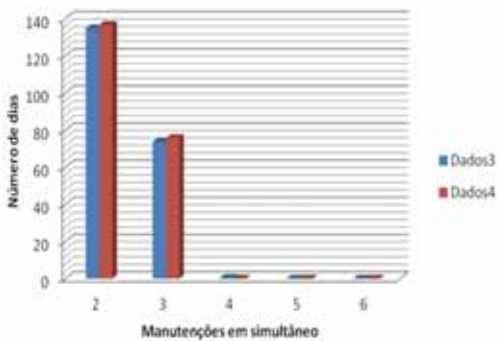


Figura 5 - Dias de manutenções em simultâneo nas soluções geradas.

Nos calendários gerados no processo computacional, o número de dias reais em manutenção de cada aeronave é sempre inferior ao número de dias estimado no início do calendário, o que leva a concluir que foram realizadas alterações que levaram à diminuição de atividades de manutenções, tais como, junção de manutenções e/ou aplicação de tolerâncias.

#### 4.2 Desempenho do método computacional

Para os testes realizados sobre cada um dos ficheiros de entrada, foi registado, para cada experiência, o tempo de execução para obter obtenção de uma solução. A média deste valor para os quatro conjuntos de dados foi da ordem de 5 minutos.

### 4.3 Continuidade na geração de calendários

De forma a avaliar a qualidade dos planos gerados ao longo de vários períodos/anos, realizaram-se experiências para os conjuntos de dados Dados1 e Dados2, nas quais, em cada uma delas, foram gerados 10 calendários consecutivos (10 anos).

Nas Figuras 6 e 7 apresentam-se, respetivamente, o valor médio do conforto e relação entre as manutenções reais face às estimadas, dos calendários gerados ao longo dos 10 anos (2011-2020).

Na Figura 6 pode-se verificar que a qualidade do plano gerado aumenta (diminuição do conforto) à medida que passam os anos. Na Figura 7 pode-se verificar que a relação de manutenções, à medida que passam os anos, vai diminuindo. Este facto leva a dizer que, em média, o número de dias em manutenção das aeronaves é reduzido em 40% face ao estimado.

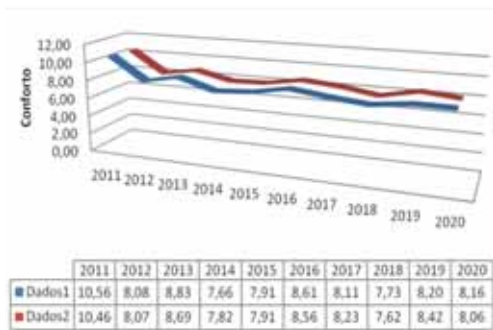


Figura 6: Evolução do conforto.

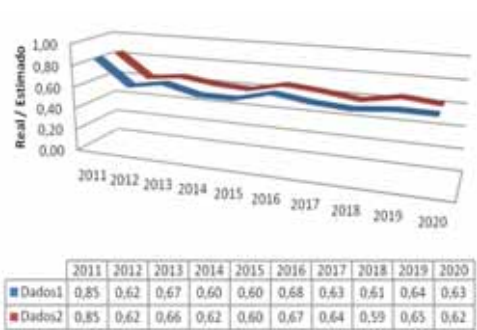


Figura 7: Evolução da relação de manutenções reais e estimadas.

De modo a analisar os dias em que existem atividades de manutenção simultâneas, apresenta-se nas Figuras 8 e 9 o número médio de dias para cada valor de manutenções em simultâneo, ao longo dos períodos simulados, para os ficheiros Dados1 e Dados2, respetivamente.

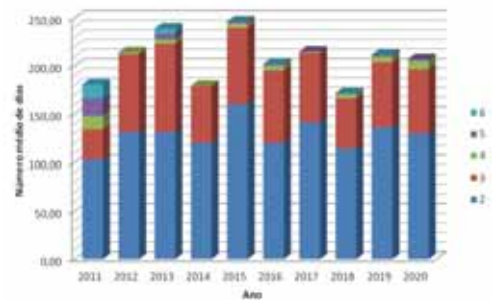


Figura 8: Evolução de manutenções em simultâneo (dados reais)

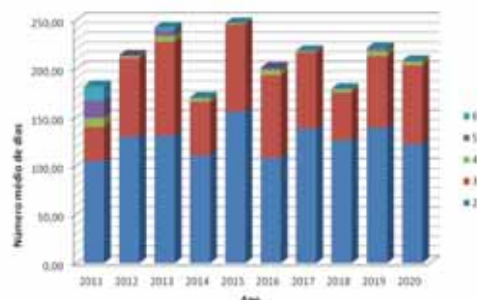


Figura 9: Evolução de manutenções em simultâneo (simulação)

Ao longo dos períodos simulados, o número de manutenções em simultâneo é na sua maioria 2 ou 3, ainda que, para ambos os conjuntos de dados, no primeiro ano de simulação,

existisse um número significativo de dias com 5 ou 6 manutenções em simultâneo. Este facto, juntamente com o aumento da qualidade do plano gerado ao longo dos anos, leva a concluir que é feito um escalonamento gradual de atividades de manutenção.

## 5. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O modelo computacional desenvolvido é uma solução aproximada que integra princípios das técnicas de Algoritmos Genéticos e de Programação com Restrições. Uma mais-valia deste método é a geração de várias soluções de manutenção aplicáveis à frota EH101.

A automatização desta tarefa complexa é uma mais-valia para o bom funcionamento do suporte à operação da referida aeronave, a qual tem importante contributo em termos da atividade de busca e salvamento.

Na aplicação desenvolvida, a geração é rápida, tardando em média 5 minutos. Os calendários gerados apresentam na sua maioria 2 ou 3 manutenções em simultâneo e o número de dias em manutenção de cada aeronave é inferior ao número de dias previstos. Estes resultados levam a concluir que a solução minimiza o tempo das atividades de manutenção e maximiza o escalonamento destas atividades. Na geração de vários calendários consecutivos, os testes realizados comparando os resultados da simulação com a situação real indicam que os valores alcançados são de interesse para a gestão da manutenção.

Uma mais-valia para a aplicação seria a implementação de uma funcionalidade integrada que permitisse o ajuste do calendário iterativamente com o utilizador, de modo a permitir o agendamento das atividades visando a obtenção de uma melhor solução face às exigências do planeamento da manutenção da frota de 12 aeronaves EH101.

A utilização desta aplicação para outros tipos de aeronave afigura-se possível, já que o método é passível de ser utilizado de forma universal, permitindo maximizar a exploração dos meios, de acordo com as várias capacidades de manutenção instaladas para cada tipo de avião ou helicóptero.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Garey, M., e D. Johnson. - **Computers and Intractability; A Guide to the Theory of NP-Completeness**. New York, USA: W. H. Freeman & Co., 1990.
- [2] Banzhaf, Wolfgang, Peter Nordin, Robert Keller, e Frank Francone. - **Genetic Programming – An Introduction**. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1998.
- [3] Benhamou, Frédéric, Narendra Jussien, e Barry O'Sullivan. - **Trends in constraint programming**. John Wiley and Sons, 2007.
- [4] Angus, Cheung, W.H. Ip, Lu Dawei, e C.L. Lai. - An aircraft service scheduling model using genetic algorithms. Montagem por Emerald Group Publishing Limited. **Journal of Manufacturing Technology Management**. Vol. 16 No. 1 (2005): pp. 109-119.
- [5] Steiner, Albert. - **"A Heuristic Method for Aircraft Maintenance"**. Zurich University of Applied Sciences, 2006.
- [6] Erik, Kilborn. - **Aircraft Scheduling and Operation – a Constraint Programming Approach**. Tese de Mestrado, Chalmers University of Technology and Göteborg University, Sweden, 2000.

# Aeronave C-295M: viabilidade técnica da certificação ETOPS



Autor: Francisco Reis, Aspirante Aluno do Mestrado  
Integrado na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica  
Academia daForça Aérea Portuguesa, Sintra

Orientadora: Teresa Cabral, Major, Engenheira Aeronáutica  
Direção de Engenharia e Programas, Comando da Logística, Força Aérea Portuguesa

**Resumo.** A “certificação em operações de aeronaves bimotoras em operação prolongada”, ou como é conhecida “Certificação ETOPS” relaciona-se com o propósito da segurança, impondo às aeronaves e respetivos operadores o cumprimento de variados requisitos regulamentares que garantam um elevado nível de fiabilidade. O presente artigo apresenta a evolução do conceito ETOPS, a metodologia adotada e os resultados obtidos no estudo preliminar de viabilidade técnica, para a certificação ETOPS da aeronave C-295M, operada pela Esquadra 502 da Força Aérea Portuguesa. Neste, conclui-se que a Certificação ETOPS da aeronave C-295M para ser concretizada plenamente passa por uma melhor compreensão técnica da aeronave; pela caracterização das rotas ETOPS e pela construção de um vasto conjunto de elementos documentais nos quais deverão ser introduzidas novas metodologias que permitam passar a um novo paradigma de operação.

**Palavras-chave:** ETOPS, C-295M, Aeronavegabilidade Permanente

## 1. INTRODUÇÃO

A Esquadra 502 “Elefantes” da Força Aérea Portuguesa tem como missão primária executar operações de transporte aéreo tático [1]. A mesma unidade militar (esquadra) também realiza regularmente missões de transporte de passageiros entre o continente Português e o arquipélago dos Açores, mais concretamente, entre a Base Aérea nº 6, no Montijo, ou entre o Aeródromo de Trânsito Nº1, em Figo Maduro, e a Base Aérea nº 4, nas Lajes. Para a consecução eficiente destas missões, estes voos são executados através de rota direta.

Na aviação civil este tipo de operação em rota direta requer prévia atribuição de certificação em “Operações de aeronaves bimotoras em operação prolongada”, também designada de *Extended Twin Range Operations* (ETOPS) [2].

Presentemente, no domínio da aviação militar as exigências são distintas face ao sector civil, pelo que os requisitos aeronáuticos civis não são imediatamente transponíveis para a operação com aeronaves militares.

Isto significa que o conceito regulamentar ETOPS não tem aplicação imediata num operador de defesa. No entanto, o Regulamento (CE) nº 216/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, relativo a regras comuns no domínio da aviação civil, define que, apesar do cumprimento do referido regulamento por parte das Forças Armadas não ser obrigatório, é recomendável a sua adoção *na medida do exequível*. Desta forma, fica ao critério de cada Estado/Operador Militar, o cumprimento com esta regulamentação,

Foi, pois, neste contexto que se realizou um estudo tendente a determinar as especificidades do conceito ETOPS e o impacto que tal poderia ter na operação da aeronave C-295M. As próximas secções descrevem os resultados do estudo efetuado, incluindo-se também indicação sobre os trabalhos adicionais que se recomendam no contexto da potencial certificação ETOPS.

## 2. CONCEITO INTERNACIONAL DE ETOPS

“*Extended Range Operation with Two-Engine Aeroplanes*” é a designação atribuída geralmente à sigla ETOPS pela maior parte das entidades reguladoras, como é o caso da *International Civil Aviation Organization* (ICAO), *European Aviation Safety Agency* (EASA) e a *Federal Aviation Administration* (FAA).

No entanto, diferentes designações como “*Extended Range Twin Operations*”, “*Extended-Range Twin-Engine Operations*”, ou ainda “*Extended Range Operations by turbine-engined aeroplanes*” podem também ser encontradas [3], [4] e [5].

Como se constata, o significado da sigla ETOPS varia com a entidade que emite considerações sobre a mesma, podendo até, uma mesma entidade, diferir a sua designação e significado ao longo do tempo.

Uma recente redefinição de ETOPS, ocorrida em 2007, por parte da FAA, veio introduzir a designação sucinta de *Extended Operations*, com a inovação de que este novo conceito poderia abranger também aeronaves com mais de dois motores, o que não acontecia até então [6].

A nível nacional, a designação de ETOPS adotada pelo *Instituto Nacional de Aviação Civil* (INAC), está determinada como “*Extended Twin Range Operations*” ou ainda, traduzindo para a língua portuguesa, como “operações de aeronaves bimotoras em operação prolongada” [7].

A Circular Técnica de Informação 01-02 do INAC define que “*não é permitido a uma aeronave bimotora, operar além de uma distância que seja superior a 60 minutos de voo de um aeródromo alternante, em condições de atmosfera padrão e à velocidade de cruzeiro com um motor inoperativo, sem uma **Certificação ETOPS** devidamente implementada e aprovada pelas autoridades competentes*” [2]. Atualmente, este é o significado genérico e unânime de ETOPS para qualquer entidade aeronáutica.

No cronograma da figura 1 estão representadas as datas mais relevantes e respetivos acontecimentos que, de alguma forma, contribuíram para a evolução do conceito de ETOPS.

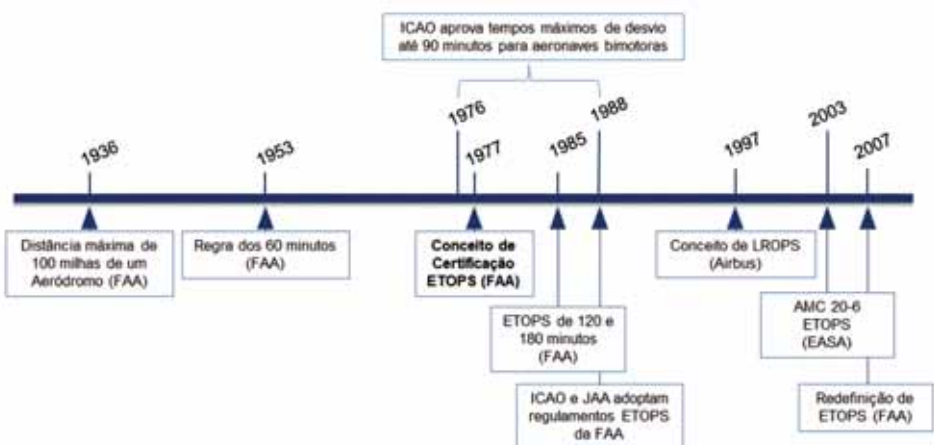


Figura 1: Evolução cronológica do conceito ETOPS.

É neste enquadramento da natureza operacional ETOPS que a próxima secção descreve a forma como se pode alcançar a respetiva certificação. Para tanto é fundamental conhecer,



por um lado, as características da aeronave em causa; o nível original de certificação que lhe foi atribuído (denominado nos termos da regulamentação aeronáutica de *Type Certificate* ou Certificado Tipo) e os requisitos de certificação ETOPS.

### 3. METODOLOGIA

A metodologia adotada no presente trabalho de investigação encontra-se ilustrada na fig. 2, a qual incluiu, em síntese, como sequência:

- identificação e avaliação da base regulamentar que estabelece os requisitos e a metodologia de Certificação ETOPS.
- caracterização técnica e operacional da aeronave C-295M;
- caracterização da rota (ou as rotas) candidatas à certificação ETOPS;
- definição e seleção do tempo de diversão que mais se adequa à Certificação ETOPS (em estudo);

Graficamente a figura 2 apresenta a metodologia adoptada para o estudo em causa.

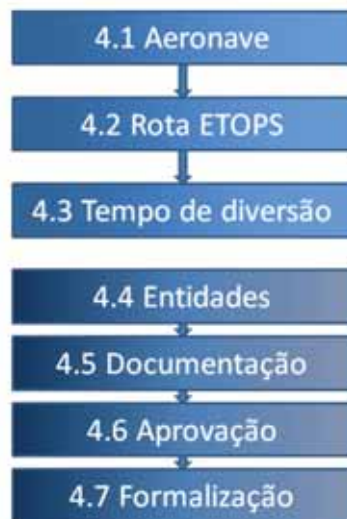


Figura 2: Metodologia.

Na concretização da sequência da investigação, para compreender o conceito ETOPS num operador de linha aérea, deve realçar-se o contributo dado pela empresa portuguesa *White Airways*.

Desse contato resultou a compreensão sobre os requisitos técnicos regulamentares que enformam a certificação ETOPS, nomeadamente a legislação nacional e europeia, a saber, a Circular Técnica 01-02, edição 3, do INAC, o *Acceptable Means of Compliance* (AMC) 20-6 da EASA e o Regulamento n.º 219/2006 da União Europeia.

## 4. DA VIABILIDADE DA CERTIFICAÇÃO ETOPS DO C-295M

### 4.1 Aeronaves abrangidas pela regulamentação

A norma aeronáutica AMC 20-6 da EASA estabelece as condições de aplicação de uma Certificação ETOPS a uma aeronave. Nesse enquadramento, apenas são abrangidas pela norma que regula a atribuição ETOPS aeronaves de transporte de passageiros. Como consequência, a aeronave C-295M não se encontra abrangida pois é de transporte aéreo táctico.

De acordo com as condições regulamentares expressas em AMC 20-6, não há necessidade de uma certificação se se tratar de aeronave para transporte de passageiros com uma capacidade máxima aprovada de 19 pessoas, podendo operar até à distância de 180 minutos de um aeródromo, adequado à velocidade de cruzeiro com um motor.

Todavia, a certificação é necessária se se tratar de uma aeronave certificada para mais de 19 passageiros, em rotas onde o tempo de diversão máximo necessário é superior a 60 minutos.

Uma vez que a aeronave C-295M tem uma capacidade máxima aprovada de 70 ocupantes, cfr *Aircraft Flight Manual* (AFM), então nestas condições operacionais deve ser avaliada a sua viabilidade de certificação ETOPS.

### 4.2 Rota ETOPS

Das rotas operadas pela Esquadra de Voo 502, a seleccionada para o estudo é a que se situa entre a Base Aérea nº 6 no Montijo e a Base Aérea nº 4 na ilha Terceira. A referida rota está representada a vermelho na figura 3.

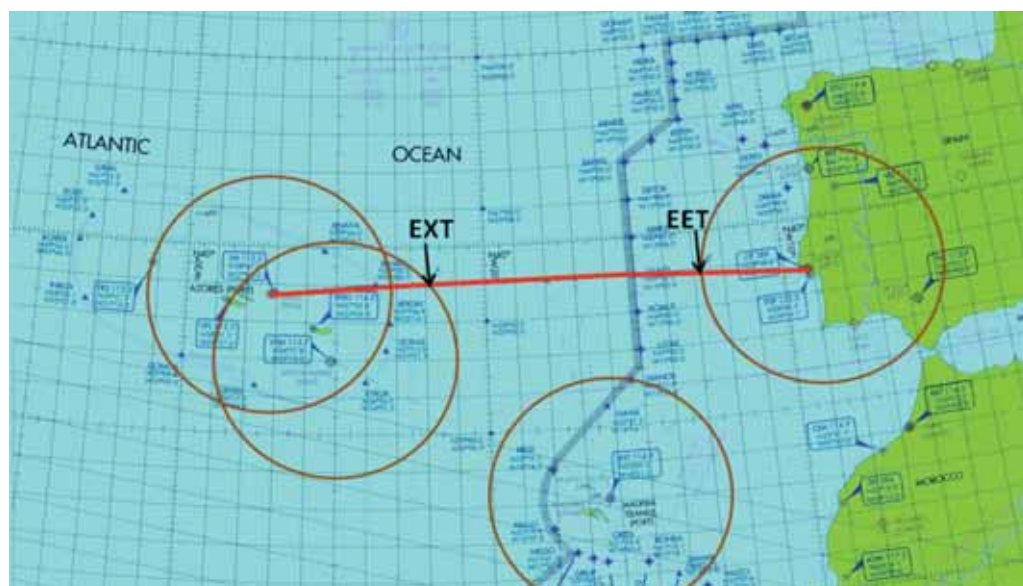


Figura 3: Rota Montijo-Lajes e circunferências "ETOPS" de 60 minutos para o C-295M

Na figura 3 aparecem também representadas as aéreas onde o C-295M se encontra a menos de 60 minutos de voo de um aeródromo adequado, à velocidade de cruzeiro com um motor inoperativo em condições de atmosfera padrão (ISA).

Essas áreas correspondem ao espaço interior das circunferências a castanho, centrados nos aeródromos alternativos mais significantes para este estudo. Na mesma figura encontram-se representados a preto, dois pontos da rota, identificados de "EET" (ETOPS *Entry Time*) e de "EXT" (ETOPS *Exit Time*).

O ponto da rota marcado com "EET" representa o ponto de entrada em voo ETOPS. É o ponto da rota a partir do qual, a aeronave passa a estar a uma distância superior a 60 minutos de voo de qualquer aeródromo alternante, no caso de falha de um dos motores. O ponto "EXT" marca o fim desse mesmo troço de voo ETOPS e onde a aeronave volta a estar ao alcance de um aeródromo alternante numa duração de voo monomotor sempre inferior aos 60 minutos.

Como se observa, cerca de 420 das 860 Milhas Náuticas (NM) que totalizam o trajeto Montijo-Lajes, ou seja, aproximadamente 50% da rota total caracteriza-se por um voo ETOPS. No contexto da aviação civil, tal rota exige certificação ETOPS, tratando-se de um voo direto.

#### 4.3 Tempo de diversão (desvio para aeródromo)

Para determinar o tempo de diversão máximo necessário para a rota ETOPS em estudo, determinaram-se e foram representadas as circunferências com o tempo de diversão necessário para que se consiga manter a rota direta desejável, entre Portugal continental e o arquipélago dos Açores.

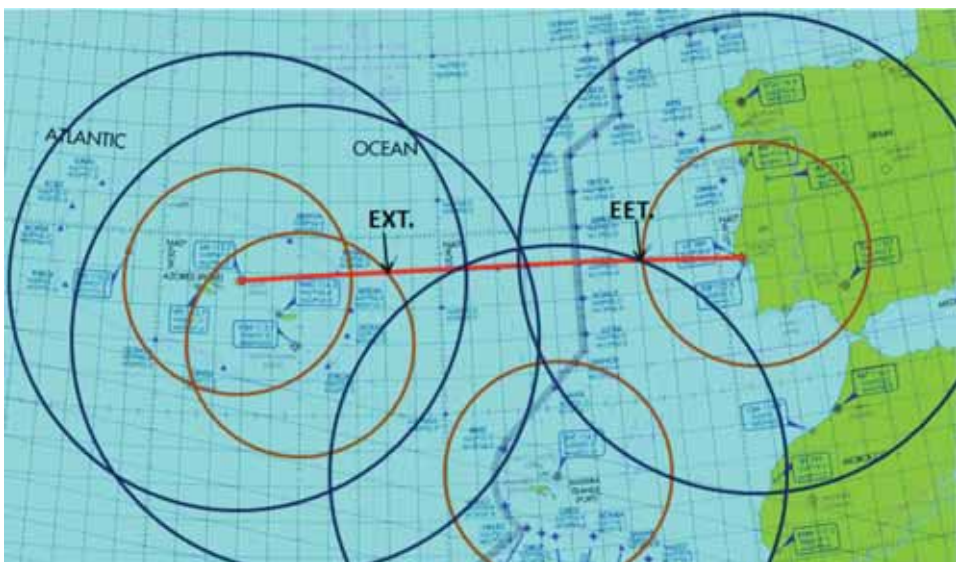


Figura 4: Circunferências ETOPS de 120 minutos para o C-295M.

Na Figura 4 estão representadas a azul as circunferências de operação equivalentes a um tempo de diversão de 120 minutos para a aeronave C-295M.

Como se pode observar, a certificação ETOPS para um tempo de diversão de 120 minutos garante a rota direta desejada representada a vermelho. Desta forma, o tempo máximo de diversão a considerar na Certificação ETOPS da aeronave C-295M, para que possa realizar missões de transporte de passageiros, assumindo o transporte de mais que 19 passageiros, é de 120 minutos.

#### 4.4 Entidades certificadoras ETOPS

A definição das entidades intervenientes num eventual processo de certificação ETOPS da aeronave C-295M são decisivas. São elas que definem os regulamentos, bem como exercem as várias atividades técnicas que estão na base da avaliação da aeronave e da atribuição do certificado.

Dada a natureza do operador da referida aeronave, são *stakeholders* do processo de certificação ETOPS a:

- Força Aérea Portuguesa na qualidade de operador;
- *Airbus Military* como fabricante detentor da respectiva homologação (*Type Certificate*);
- Autoridade Aeronáutica Nacional (AAN) como entidade certificadora.

#### 4.5 Documentação

A documentação standard de referência que foi considerada neste estudo para efeitos de certificação ETOPS é a definida pela autoridade aeronáutica civil nacional.

Concretamente, da avaliação realizada, a documentação adotada é a que a seguir se indica:

- Regulamento (CE) N.º 859/2008 (EU OPS 1), emitido pela Comissão Europeia;
- AMC 20-6 - *Extended Range Operation with Two-Engine Aeroplanes ETOPS Certification and Operation* " emitido pela EASA;
- Regulamento n.º 219/2008 "Operações de aeronaves bimotoras em operação prolongada" emitido pelo INAC;
- Circular Técnica de Informação C.T.I. 01-02 "Aprovação da Manutenção dos Operadores para Operações ETOPS", emitido pelo INAC.

#### 4.6 Metodologia de atribuição de certificação ETOPS

Sem prejuízo para o conhecimento aprofundado que o operador deve ter sobre regulamentação legal aeronáutica aplicável à certificação ETOPS, desta investigação resultou que tal assenta em 3 etapas, que se designaram de "aprovação técnica", "aprovação operacional" e "formalização".

Seguidamente, apresentam-se os princípios que norteiam cada uma das referidas fases que podem levar à obtenção da certificação ETOPS.

#### 4.6.1 Aprovação técnica

A aprovação técnica corresponde em termos práticos ao cumprimento das exigências denominadas de “bases de certificação” da aeronave e motores e, ainda, à avaliação da fiabilidade de sistemas da estrutura da aeronave e do sistema de propulsão.

Do ponto de vista legal, tal metodologia constitui em si mesmo avaliação do cumprimento de requisitos que o operador deve garantir, nomeadamente em termos das características da aeronave e ainda de fiabilidade, redundância, etc, dos sistemas específicos que integram uma aeronave.

Consideram-se “sistemas da estrutura da aeronave<sup>(1)</sup>” qualquer sistema da aeronave que não faça parte dos sistemas de propulsão e por “sistemas de propulsão<sup>(2)</sup>” todos os componentes necessários à propulsão da aeronave, incluindo motores e controlo dos mesmos [8].

Como resultado desta análise observou-se, recorrendo ao documento denominado de *Type Certificate Data Sheet* da aeronave C-295M, que vários sistemas da aeronave requerem um estudo aprofundado que permita compreender se a aeronave pode certificada segundo as normas europeias denominadas de *Certification Specifications CS 25*, uma vez que a aeronave está unicamente certificada segundo os requisitos das regras da autoridade norte americana, a saber, segundo a *Federal Aviation Regulation FAR 25*.

Em causa está, segundo o que foi possível apurar, o sistema elétrico da aeronave, já que não foi possível apurar completamente as respectivas características operacionais de fiabilidade. Tal limitação prendeu-se com restrições na obtenção de informação técnica junto do fabricante.

Relativamente ao sistema de propulsão, verificou-se que estes não apresentam grandes obstáculos perante a eventualidade de uma Certificação ETOPS.

Estes estão certificados segundo os requisitos da *Joint Aviation Requirements (JAR-E)*, documento antecessor do CS-E, e, face a contacto com o fabricante, a *Pratt & Whitney*, antecipa-se que possam ser certificados ETOPS. No entanto, e no âmbito do trabalho de investigação, não foi possível a obtenção de quaisquer evidências que comprovem a fiabilidade dos motores para a totalidade da frota de C-295M a nível mundial.

#### 4.6.2 Aprovação operacional

Quanto à aprovação operacional, em termos práticos e no essencial, tem a ver com a exigência regulamentar prevista na aviação de civil da existência de um programa de fiabilidade

---

(1) Designação anglo-saxónica de *Airframe Systems*.

(2) Designação anglo-saxónica de *Propulsion Systems*.

e reporte de ocorrências (neste caso destinadas a fornecedor ao fabricante da aeronave e motores dados de operação que permitam vigiar a evolução dos sistemas e, dessa forma, melhorá-los para incrementar a fiabilidade).

Atendendo ao que foi avaliado e uma vez que não existem aeronaves operando num contexto ETOPS, os procedimentos existentes divergem de tal necessidade regulamentar.

De modo a assegurar a aprovação operacional para ambiente ETOPS, resulta da avaliação da metodologia em vigor que seguramente haveria que introduzir:

- ajustes na Gestão da Aeronavegabilidade Permanente;
- um manual de ETOPS (tal qual previsto para a aviação civil);
- Um programa de gestão da fiabilidade.

Globalmente esta metodologia permitiria, no essencial, o reporte de ocorrências ao fabricante, conjugado com o programa de manutenção e ainda a integração de práticas específicas relacionadas com operação certificada ETOPS.

A introdução dos elementos acima implica, naturalmente, a implementação de um novo paradigma de operação da aeronave, pelo que tal corresponde à implementação de formação de pessoal (tripulações, pessoal de manutenção e de suporte), incluindo modificações de vários manuais existentes para inclusão de elementos relativos, entre outros aspetos, a:

- mínimos meteorológicos para voo ETOPS;
- fatores de tomada de decisão para alternar de rota num voo ETOPS, envolvendo critérios específicos, como a configuração da aeronave ou as necessidades de combustível.

Face ao resultado do estudo em torno da certificação ETOPS na componente operacional, esta componente constituirá em si mesmo um “projeto” específico o qual abordará, inter alia, a introdução de novas metodologias de gestão do voo, do suporte até à introdução de novos manuais.

#### **4.6.3 Formalização da certificação ETOPS**

A formalização de uma Certificação ETOPS reflete-se em termos práticos na elaboração e apresentação de um conjunto documental a uma autoridade aeronáutica competente que aprovará a certificação.

Tratando-se de uma aeronave militar e de um processo com características inovadoras, formalmente a atual regulamentação nacional não contempla tal definição. Partindo do referencial ETOPS civil, o presente estudo identificou um conjunto de elementos que se crê serem indispensáveis à concessão da certificação ETOPS. Seguidamente identificam-se tais elementos os quais correspondem a manuais originais devidamente adaptados para integrar uma nova filosofia de operação:



- *Type Certificate Data Sheet*;
- *Aircraft Flight Manual*;
- *ETOPS Configuration, Maintenance, Procedure Document (CMP)*;
- *ETOPS Master Minimum Equipment List (MMEL)*;
- *ETOPS Parts List*;
- *Manual ETOPS*;
- *Operations manual*;
- *ETOPS Dispatch procedures*;
- *Aircraft Operations Manual (AOM)*.

A criação de manuais e a adaptação de existentes (que foram submetidos com a aeronave) encontra-se sintetizada na figura 5.

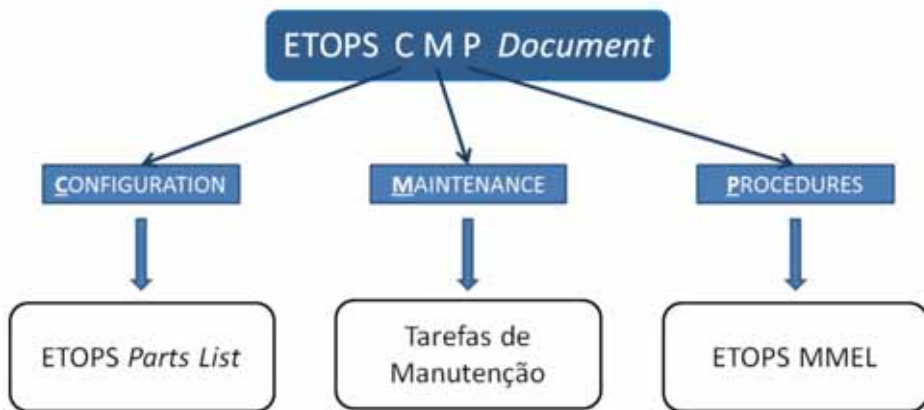


Figura 5: Documentos integrantes do ETOPS CMP Document.

Tal como referido anteriormente, a criação deste conjunto documental encerra em si um programa devidamente calendarizado que garanta a sua organização e concretização efetiva, bem como a definição de conteúdos de cada um dos documentos acima identificados, tendo por base a regulamentação AMC 20-6.

## 5. CONCLUSÕES

O presente estudo aborda a possibilidade de certificar em regime ETOPS a aeronave C-295M operada pela Força Aérea Portuguesa. Trata-se de um estudo no qual se apresenta o conceito de ETOPS derivado da aviação civil, bem como se elenca o conjunto regulamentar usado no mesmo ambiente operacional.

Partindo das características da aeronave C-295M, o estudo de viabilidade técnica da certificação ETOPS das aeronaves C-295M operadas pela Esquadra 502 da Força Aérea Portuguesa, indica que existem sistemas cujos parâmetros operacionais e fiabilidade carecem de aprofundamento.

Neste contexto, especial atenção deve ser colocada ao sistema eléctrico funcionando num contexto de ETOPS. O envolvimento do fabricante, na qualidade de detentor do Type Certificate, afigura-se decisivo.

Neste trabalho, foram ainda foram definidas rotas de referência ETOPS no percurso Montijo – Lajes.

A investigação permitiu também estabelecer a sequência lógica de atividades que permitem estruturar o processo de obtenção da certificação ETOPS. Do estudo resulta que o processo de certificação ETOPS tem impacto em termos operacionais (operação aérea), na manutenção e no suporte de engenharia.

Tais impactos terão que ser definidos e vertidos no conjunto documental a submeter à autoridade aeronáutica competente, destacando-se para já como manuais a produzir ou a adaptar:

- *Type Certificate Data Sheet*;
- *Aircraft Flight Manual*;
- *ETOPS Configuration, Maintenance, Procedure Document (CMP)*;
- *ETOPS Master Minimum Equipment List (MMEL)*;
- *ETOPS Parts List*;
- *Manual ETOPS*;
- *Operations manual*;
- *ETOPS Dispatch procedures*;
- *Aircraft Operations Manual (AOM)*.

ETOPS constitui-se em si mesmo como um novo paradigma de operação, pelo que para além do conjunto de atividades que há que realizar, de modo a que no novo modelo operativo se mantenha o nível de segurança de voo, tal terá que ser enquadrado num vasto programa de tarefas, envolvendo os diversos stakeholders do processo ETOPS, nomeadamente, a autoridade aeronáutica, o fabricante, as operações, a manutenção, a sustentação e ainda a entidade que gere a aeronavegabilidade da aeronave C-295M.

*“The whole premise of ETOPS has been to preclude a diversion and, if it were to occur, to have programs in place to protect the diversion” (AC 120-42B).*

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] F. A. Portuguesa, “**Força Aérea Portuguesa,**” [Online]. Available: [http://www.emfa.pt/www/organizacao.php?lang=pt&cod=\\*](http://www.emfa.pt/www/organizacao.php?lang=pt&cod=*). [Acedido em setembro 2011].
- [2] INAC, **C.T.I. 01-02: Circular Técnica de Informação, Edição 3 - Aprovação da Manutenção dos Operadores para Operações ETOPS**, 2009.
- [3] CAA, **CAP 513: Edição 3. Extended Range Twin Operations (ETOPS)**, 2002.
- [4] ICAO, **Annex 6, Edição 9 Operation of Aircraft. Part 1, Internacional Commercial Air Transport – Aeroplanes**, 2010.
- [5] C. N. Zealand, **AC121-1: Advisory Circular. Extended-range twin-engine operations (ETOPS)**, 2000.
- [6] FAA, **AC 120-42B: Advisory Circular. Extended Operations (ETOPS and Polar Operations)**, 2008.
- [7] D. d. R. I. Série, **Regulamento n.º 219/2006: Operações de aeronaves bimotoras em operação prolongada**.
- [8] EASA, **AMC 20-6: Extended Range Operation with Two-Engine Aeroplanes ETOPS Certification and Operation**, 2010.

# **Helicóptero EH101: Fiabilidade das Bielas de Comando de Passo Cíclico**



**Autora:** Vitalina Martins, Aspirante Aluna da Licenciatura em Manutenção de Material Aéreo  
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

**Orientador:** Professor Adjunto José Sobral  
ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa

**Co-orientadores:** Marco Pinto, Capitão Engenheiro Aeronáutico  
Frederico Alves, Tenente Engenheiro Aeronáutico  
Direção de Manutenção de Sistemas de Armas, Comando da Logística, Força Aérea Portuguesa, Lisboa

**Resumo.** As bielas de comando de passo do helicóptero EH101 são responsáveis por unir as pás do rotor principal aos comandos de operação, efetuando, sempre que sejam necessárias, alterações de passo para a aeronave controlar a sustentação e atitude de operação. A degradação deste componente provoca vibrações excessivas na aeronave, que poderão ter consequências catastróficas, pois torna-a extremamente instável. O presente artigo descreve os resultados de um estudo que pretendeu determinar a fiabilidade do referido componente, uma vez que tem vindo a apresentar falhas em operação. A metodologia proposta utiliza as ferramentas de análise de fiabilidade: Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA) e o programa de análise de fiabilidade *Relia Soft*.

**Palavras-chave:** Fiabilidade, FMEA, Biela de Comando de Passo

## 1. INTRODUÇÃO

O presente artigo descreve os resultados alcançados no sentido de determinar a fiabilidade das bielas de comando de passo do helicóptero EH101.

Atingir a máxima eficiência dos equipamentos torna-se cada vez mais relevante. No entanto, tal só é possível com a utilização das ferramentas que se encontram à disposição da “Manutenção e da Fiabilidade”.

Com a aquisição dos helicópteros EH101, a Força Aérea Portuguesa aumentou a capacidade operacional sendo, no entanto, muito relevante o suporte dos meios aéreos, de forma a poder responder às exigências das missões operacionais. Para manter os elevados níveis de prontidão operacional é decisiva a capacidade de sustentação do Sistema de Armas, através da melhoria contínua das doutrinas, bem como dos procedimentos em vigor indispensáveis para uma eficiente manutenção, garantindo, desta forma, a fiabilidade dos equipamentos e a sua disponibilidade.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho de investigação foi o de determinar a fiabilidade da biela de comando do passo, a partir dos dados de manutenção, que permitissem aferir as limitações de operação do referido componente e encontrar soluções de forma a minimizar os impactos das falhas que afetam a aeronave.

Para tanto, tendo em vista a análise dos dados de manutenção recorreu-se à metodologia FMEA e de degradação através do programa *Relia Soft (weibull ++7)*.

Os próximos parágrafos descrevem de uma forma global as várias etapas na consecução do estudo realizado.

## 2. FIABILIDADE – BREVE ENQUADRAMENTO

A fiabilidade pode ser definida simplesmente como a probabilidade de um sistema ou produto ser utilizado de maneira satisfatória num dado período de tempo, sob determinadas condições de operação.

Esta definição sublinha os quatro fatores fulcrais da fiabilidade, são eles, a probabilidade, performance, tempo e as condições específicas de operação.

Estes fatores desempenham individualmente um importante papel, por forma a definir a fiabilidade do produto/sistema.

No que concerne à probabilidade, é normalmente referida como uma expressão quantitativa, que representa uma fração, significando o número de vezes que ocorre um evento, dividido pelo número total dos testes. Quando há um número de itens supostamente idênticos operando em condições similares, pode-se esperar que as falhas ocorram em diferentes momentos no tempo, descrevendo-se assim as falhas em termos probabilísticos [1]. Podemos concluir que a definição de fiabilidade é fortemente dependente de conceitos derivados da teoria da probabilidade.

Em relação à performance, quando este fator é adotado deve conter critérios mensuráveis considerados representativos da operação do sistema. É necessária a combinação de fatores qualitativos e quantitativos que irão definir as funções que o sistema/ produto deve realizar, normalmente apresentados no contexto de especificação do sistema.

O tempo é um dos fatores mais importantes, uma vez que representa uma medida contra a qual o grau de desempenho do sistema é relacionado. É preciso conhecer o parâmetro tempo, a fim de avaliar a probabilidade de completar uma missão ou uma determinada função, sendo de particular interesse a capacidade de prever a probabilidade de um item sobreviver (sem falhar), por um certo período de tempo.

A fiabilidade é comumente apresentada valorando o “tempo médio entre falhas” (MTBF), “tempo médio até à falha” (MTTF) ou o “tempo médio entre ações de manutenção” (MTTR).

As condições específicas de operação ao abrigo das quais se espera que um sistema ou produto funcionem, constituem o quarto fator fulcral da fiabilidade. As condições específicas incluem elementos ambientais, tais como a localização geográfica onde o sistema está previsto operar, o perfil operacional, o perfil de transporte, a temperatura, humidade, vibração e choque. Tais fatores não devem apenas abordar as condições para o período em que o sistema ou produto está a funcionar, mas também as condições quando o sistema (ou parte dele) está em modo de armazenamento ou a ser transportado. Blanchard (1998) constata através da experiência adquirida que muitas vezes o transporte, manuseio e os modos de armazenamento são mais críticos do ponto de vista da fiabilidade do que o uso operacional do sistema.

Os elementos discutidos acima são cruciais para determinar a fiabilidade de um sistema ou produto.

### 3. MODELOS PARAMÉTRICOS IMPORTANTES EM FIABILIDADE

Uma distribuição de falha mais não é que o resultado de uma tentativa de descrever matematicamente a duração de vida de um equipamento, estrutura ou dispositivo. O modo como ocorrem as falhas num item afeta a forma analítica da distribuição de falha [2].

No estudo da fiabilidade utilizam-se dois tipos de distribuições, as distribuições discretas, menos utilizadas, e as distribuições contínuas, com ampla utilização. Nas distribuições contínuas enquadram-se a distribuição de *weibull*, log-normal, gama e exponencial, entre outras.



Neste trabalho será dado enfoque à distribuição exponencial (mais propriamente exponencial biparamétrica) que é considerada um caso particular da distribuição de *weibull*. A distribuição exponencial é a que mais se ajusta quando os componentes se encontram comprovadamente em vida útil. Esta distribuição, a par da distribuição de *weibull*, está entre as mais utilizadas nas análises de fiabilidade.

## 4. METODOLOGIA UTILIZADA

### 4.1 Análise de Degradação

Sempre que seja possível prever a ocorrência de uma avaria pela deterioração do valor de algum parâmetro indicativo da condição de uma máquina ou sistema, com tempo suficiente para se poder planear uma intervenção, então estamos perante uma situação em que a manutenção condicionada ou preventiva é aplicável [3]. Este tipo de manutenção baseia-se no estado dos componentes ou equipamentos onde a intervenção apenas é efetuada com a manifestação da necessidade.

No controlo de condição dos equipamentos, um dos métodos aplicados é o acompanhamento da tendência, onde se procede à medição periódica ou contínua de um ou vários parâmetros indicadores da condição de funcionamento do equipamento. Com base nos valores obtidos, durante as medições, pode-se elaborar uma curva de tendência que permita prever o momento em que a degradação do equipamento/componente atinge o valor crítico. Com base neste controlo é possível conhecer o tempo que decorre até à provável ocorrência da avaria. [3]

Podemos assim concluir que a análise de degradação se insere numa perspetiva estratégica de manutenção condicionada, com grande enfoque aplicada à manutenção preventiva.

Para alguns componentes, as medidas de degradação, registadas ao longo do tempo, contêm uma vasta informação sobre a fiabilidade do produto. Se a falha é definida em termos de um nível específico de degradação, é possível construir um modelo de degradação e estimar a distribuição do tempo até à falha.

A partir do desenvolvimento de modelos matemáticos de degradação, é possível efetuar uma análise de fiabilidade mais detalhada, estimando-se o tempo até à falha a partir de medidas de degradação, tendo a vantagem de não exigir que o teste seja conduzido até à ocorrência de uma falha. Matematicamente, podem-se extrapolar as medidas de degradação no tempo e estimar para quando se prevê a ocorrência da falha associada ao parâmetro em estudo [4].

Este tipo de abordagem baseia-se num processo de simulação, o qual recorre à estatística como forma de analisar sistemas reais, permitindo que um modelo computacional reproduza o funcionamento lógico de um sistema ao longo do tempo.

Atualmente, a simulação pode ser aplicada nas mais diversas situações práticas, sejam elas a nível estratégico ou operacional e consiste em fazer variar os parâmetros de entrada de um modelo do sistema real e analisar o seu impacto nas medidas de desempenho relevantes. No entanto, não permite, na maioria dos casos, otimizar os parâmetros de um sistema e obter respostas exatas, resultando daí a necessidade, no caso específico das Bielas, ser necessário testá-lo com dados reais.

Face ao exposto, este tipo de análise poderá ser a solução para fazer face à necessidade de controlo das bielas de comando de passo e aplicar a teoria da fiabilidade através da análise de degradação desse mesmo componente.

O presente estudo passou, assim, pela utilização de dados referentes à evolução da folga para que se determine, num determinado instante de utilização, a vida útil do componente em causa através de inferência estatística usando *software* específico (Weibull++ 7).

#### 4.2 Modelos matemáticos de previsão

O recurso a modelos matemáticos tem por objetivo estimar a evolução da degradação de um componente. A análise de dados experimentais gera um modelo baseado em funções matemáticas. O modelo deve apresentar uma aderência satisfatória aos dados provenientes dos ensaios e, conseqüentemente, gerar uma estimativa de vida para um determinado componente. A modelação da degradação passa pela utilização de um modelo matemático, que possa traduzir uma imagem fidedigna do comportamento de um componente ou sistema nas condições normais de utilização.

A escolha do modelo de degradação espelha o fenómeno físico de compreensão da avaria, de como a degradação do desempenho progride sobre o tempo.

### 5. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DE GESTÃO DA FROTA

De forma a gerir o sistema de armas da aeronave EH101 existem três sistemas de informação, a saber:

- *Compound Interactive Electronic Technical Publication* (CIETP);
- *Portuguese Ground Station* (PGS);
- *PtAF EH101 PGS System Information* (PEPSI).

O CIETP é um programa informático que, no essencial, contém as Instruções de Aeronavegabilidade Continuada do EH101. Engloba assim todos os dados existentes sobre ações de manutenção, catálogo de peças, tipos de ferramenta e intervalos de manutenção, entre outros.

A PGS pelo seu lado tem por função a gestão do sistema de armas, tanto ao nível da manutenção como da operação. Conceptualmente, a PGS permite realizar o controlo de configuração física e funcional de cada uma das aeronaves. O sistema PGS é alimentado *off-line* através de processo de transferência de dados provenientes dos sensores do EH101.

Para facilitar a consulta de dados na PGS, o sistema informacional PEPSI agrega a informação contida na plataforma PGS, tornando mais simples o acesso a dados associados à manutenção.

## 6. DESCRIÇÃO DO COMPONENTE EM ESTUDO - BIELAS DE COMANDO DE PASSO DE PASSO (*PITCH CHANGE LINK*)

Este componente tem por função ligar a Cabeça do Rotor Principal através do *Pitch Change Arm* das pás principais, ao prato cíclico e é fabricado pela *Agusta Westland International Limited*.



Figura 1: Conjunto da Biela de Comando de Passo

Este componente tem vindo a ser a causa primária de incidentes, devido ao seu desgaste, sendo este evidenciado através de folga anormal que, uma vez detetada, implica a sua substituição. Quando a folga não é detetada atempadamente provoca vibração anormal, podendo levar à degradação da Biela.

A biela é composta por um tirante de ligação (*Tie Rod*) que permite o ajustamento durante o controlo de *rigging* e do *tracking* das pás e duas extremidades roscadas com casquilhos tipo olhal nas extremidades. Dentro desse casquilho está uma rótula (rolamento esférico).

Devido à introdução de uma modificação por parte do fabricante da aeronave, a rótula do topo superior foi substituída por uma de cobertura cerâmica com o objetivo de diminuir o desgaste, bem como aumentar o tempo de vida limite da biela. Esta modificação permitiu reduzir as situações anómalas associadas à biela. Embora o tempo de vida útil da rótula cerâmica seja efetivamente superior ao da metálica, continua a evidenciar folga após utilização regular. Complementarmente, a rótula em cobertura cerâmica apresenta com alguma frequência fraturas.

As rótulas não necessitam de lubrificação uma vez que são blindadas, sendo examinadas periodicamente quanto a folgas radiais em intervalos de 50 horas de operação.



Figura 2: Danos na Biela de Comando de Passo EH101

## 7. CASO EM ESTUDO

### 7.1 Recolha de dados

Para se proceder à recolha de dados recorreu-se ao CIETP, em concreto ao catálogo de componentes (*Illustrated Parts Catalog*) para determinar os *part numbers* das bielas utilizadas.

**Tabela1: *Part Numbers* utilizados na fase de pesquisa**

Part Number	Nomenclatura
EA6231B533-045	Lower tie rod Bearing
EA6231B505-045	Pitch Change Link
EA6231B534-041	Upper tie rod end Bearing
EA6231B534-043	Upper tie rod end Bearing

Após a obtenção destes *part numbers*, a partir do sistema PEPSI identificou-se o historial dos componentes e respetivas horas de funcionamento, incluindo dados de registo histórico, como elementos fundamentais para efetuar o estudo de fiabilidade.

### 7.2 Análise de dados

Com a obtenção dos dados provenientes da PGS/PEPSI deu-se início à identificação dos motivos associados às remoções prematuras das bielas, tendo-se constatado que uma elevada percentagem das remoções deste componente era devido à folga excessiva do seu topo superior (rótula). Perante este facto, procedeu-se à análise dos dados referentes às rótulas superiores e inferiores.

Deste trabalho resultou a conclusão de que, entre 2005 a 2011, foram removidos 84 topos superiores, tendo 31 apresentado falha prematura.

Um fator a ter em conta nesta fase da pesquisa é a posição de cada biela no sistema. Na tabela pode-se observar o código de cores, *Logistical Code Number* (LCN) e posição utilizado na identificação das bielas de comando de passo quando instaladas no helicóptero.

**Tabela 2: Código de Identificação de Cores das Bielas**

Posição	<i>Pitch Change Link 1</i>	<i>Pitch Change Link 2</i>	<i>Pitch Change Link 3</i>	<i>Pitch Change Link 4</i>	<i>Pitch Change Link 5</i>
LCN	E6231007	E6231009	E6231011	E6231013	E6231015
Cor	Vermelho	Azul	Amarelo	Branco	Preto

### 7.3 Análise de Degradação

Nesta parte do trabalho foi possível verificar, para os vários helicópteros, qual a fiabilidade respeitante ao tempo de vida útil restante, tendo em atenção o valor mínimo admissível, associado ao mecanismo de degradação da biela de comando de passo.

Devido ao facto das bielas de comando de passo serem consideradas um componente crítico na operação da aeronave EH101 e pela impossibilidade de resolver esta anomalia, a solução que resta passa por tentar antecipar a sua falha. Assim, a solução proposta consiste em criar, ou eventualmente adquirir, um programa informático que, através de simulação, faça a análise de degradação do componente.

Começou-se então por elaborar uma tabela para cada helicóptero, seleccionando-se posteriormente o registo de quatro helicópteros.

Como atrás referido, os helicópteros EH101 são inspecionados em intervalos de 50 horas de operação, incluindo as 5 bielas de comando de passo acima identificadas por cores, sendo o valor máximo de folga permitido de 0,35 mm [5]. O período escolhido para o estudo variou entre as 850 horas e as 1050 horas de operação das aeronaves.

Tabela 3: Valores do parâmetro folga, em cada pá referente ao Helicóptero 19603

	Folgas (mm)				
Horas	Vermelho	Azul	Preto	Branco	Amarelo
852,21	0,05	0,18	0,12	0,13	0,2
897,21	0,1	0,21	0,18	0,2	0,2
937,87	0,16	0,25	0,22	0,25	0,2
998,64	0,3	0,28	0,29	0,3	0,21
1040,98	0,47	0,3	0,35	0,52	0,25

Para se proceder à análise de degradação introduziram-se estes valores respeitantes a cada helicóptero no programa *Relia Soft (Weibull ++ 7)*. Nesta fase procedeu-se ao ajustamento dos vários modelos matemáticos de tendência da degradação.

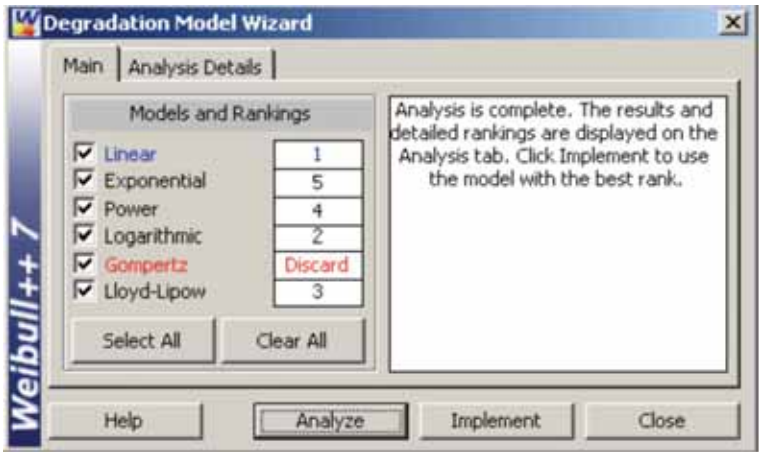


Figura 3: Exemplo do Teste de aderência (distribuição que mais se adequou)

Após o teste de aderência obteve-se, para os vários helicópteros, o modelo que mais se adequou em função dos dados introduzidos. Temos então os parâmetros “a” e “b” que dizem respeito à equação da reta (Degradação (folga) = (Tempo de operação \* a) + b). Os dados obtidos nesta fase inicial são suficientes para, com base nas horas de operação até à falha, fazer um planeamento das missões operacionais e programar as ações de manutenção futuras.

De seguida pode-se observar os resultados obtidos na análise, através das várias tabelas e figuras que se seguem.

Tabela 4: Parâmetros do Helicóptero 19601

Nº cauda N/C	Modelo	Cor	ID	Parâmetro a	Parâmetro b	Horas de operação até à falha
19601	Linear	Vermelho	a	2,60E-03	-2,297 E-03	1013,45
		Azul	b	2,13E-03	-1,855 E-03	1036,12
		Preto	c	1,81E-03	-1,575 E-03	1062,66
		Branco	d	2,94E-03	-2,5837 E-03	996,43
		Amarelo	e	2,11E-03	-1,835 E-03	1035,84

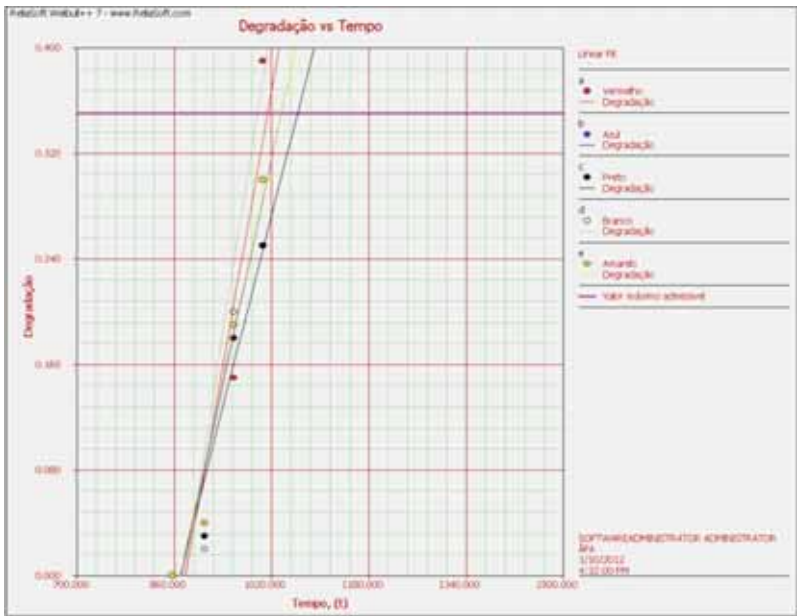


Figura 4: Gráfico de tendência de degradação, referentes ao Helicóptero 19601

Através da análise do gráfico (ver figura 4), constata-se que a reta referente à cor branca é a que tem maior inclinação, pelo que será a biela correspondente a primeira a atingir o valor máximo admissível, com 996 horas de operação (MTBF).

Tabela 5: Parâmetros do Helicóptero 19603

Nº cauda N/C	Modelo	Cor	ID	Parâmetro a	Parâmetro b	Horas de operação até à falha
19603	Linear	Vermelho	a	3,62E-04	-0,036 E-03	1066,29
		Azul	b	6,46E-04	-0,366 E-03	1108,86
		Preto	c	1,19E-03	-0,896 E-03	1043,60
		Branco	d	1,83E-03	-1,452 E-03	982,98
		Amarelo	e	2,32E-04	-0,007 E-03	1540,68

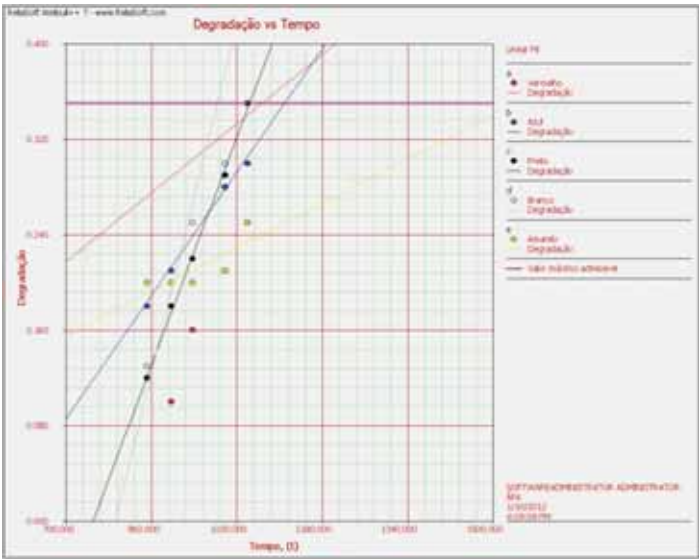


Figura 5: Gráfico de tendência de degradação, referentes ao Helicóptero N/C 19603

Como se pode verificar neste gráfico (ver figura 5), mais uma vez é a biela da cor branca a primeira a atingir o valor máximo admissível, com a folga mais elevada de 0,52, perfazendo um limite ainda mais baixo do que no helicóptero N/C 19601, com apenas 982 horas de operação até à falha.

Tabela 6: Parâmetros do Helicóptero 19605

Nº cauda N/C	Modelo	Cor	ID	Parâmetro a	Parâmetro b	Horas de operação até à falha
19605	Potência	Vermelho	a	3,082	1,16345E-10	1189,70
		Azul	b	4,528	4,44702E-15	1171,73
		Preto	c	4,476	7,36526E-15	1136,83
		Branco	d	3,570	4,06271E-12	1155,39
		Amarelo	e	6,613	3,19247E-21	1072,32

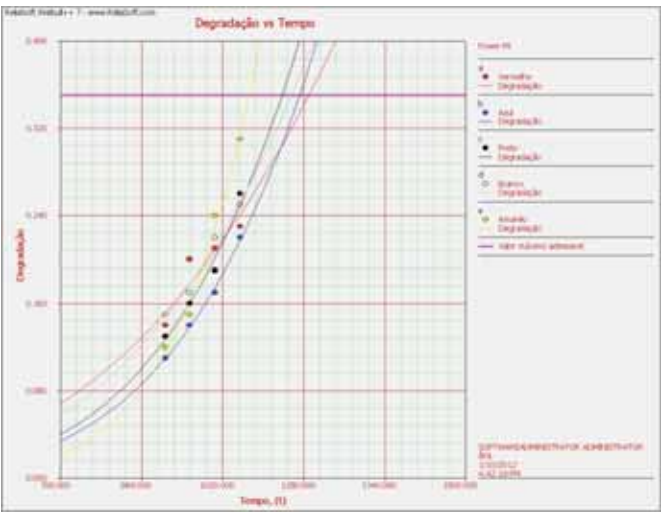


Figura 6: Gráfico de tendência de degradação, referentes ao Helicóptero N/C 19605



Neste gráfico (ver figura 6) todas as bielas têm um tempo até à falha superior a 1050 horas de operação. A primeira a atingir o valor máximo admissível é a Biela amarela com 1072 horas de operação até à falha. Pode-se ainda constatar que as restantes têm tempos de operação muito aproximados.

Tabela 7: Parâmetros do Helicóptero 19609

Nº cauda N/C	Modelo	Cor	ID	Parâmetro a	Parâmetro b	Horas de operação até à falha
19609	Linear	Vermelho	a	1,77E-03	-1,503	1046,14
		Azul	b	1,03E-03	-0,829	1140,82
		Preto	c	2,12E-03	-1,783	1007,47
		Branco	d	4,44E-04	-0,306	1476,56
		Amarelo	e	1,19E-03	-0,995	1129,91

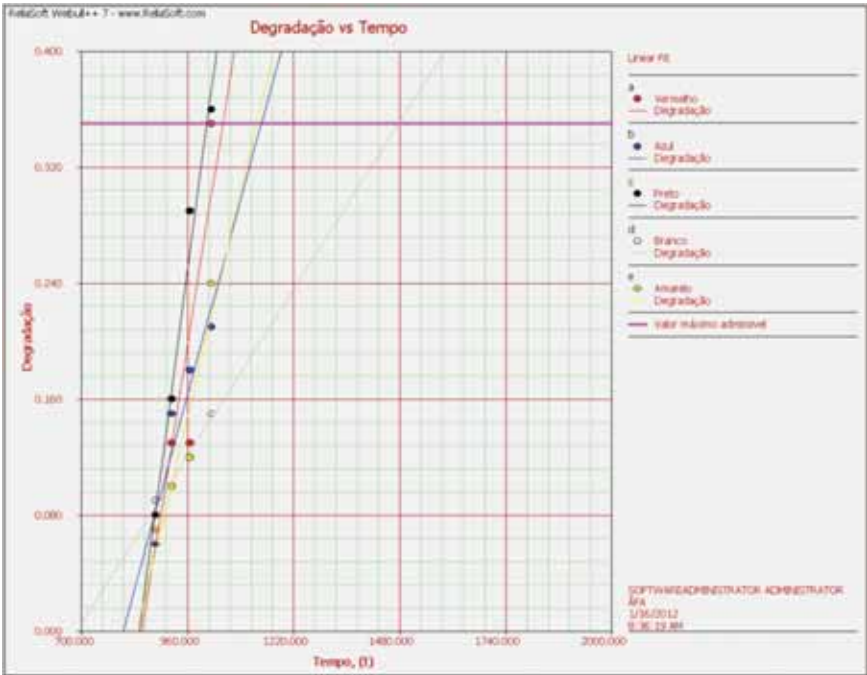


Figura 7: Gráfico de tendência de degradação, referentes ao Helicóptero 19609

Neste gráfico (ver figura 7) a primeira biela a atingir o valor máximo admissível é a de cor preta, que apresenta um valor de folga de 0,36 mm, enquanto que a branca será a última, pois apresenta um gradiente muito menos acentuado que as restantes.

Após a obtenção destes valores passou-se à fase seguinte, introduzindo-se os tempos de falha referentes aos vários helicópteros e selecionaram-se as distribuições mais utilizadas neste tipo de teste (Exponencial de 3 e de 2 parâmetros, Normal, Log-normal e Weibull de 2 e 3 parâmetros). De seguida verificou-se qual a distribuição que mais se ajustava. Neste caso, e de acordo com os testes estatísticos efetuados, a distribuição que mais se ajustou foi a Exponencial de 2 parâmetros (ver figura 8).



Figura 8: Escolha do tipo de distribuição

Depois da escolha da distribuição mais adequada pôde-se determinar as características da fiabilidade para o período em estudo através dos gráficos obtidos. De seguida podem-se observar os valores.

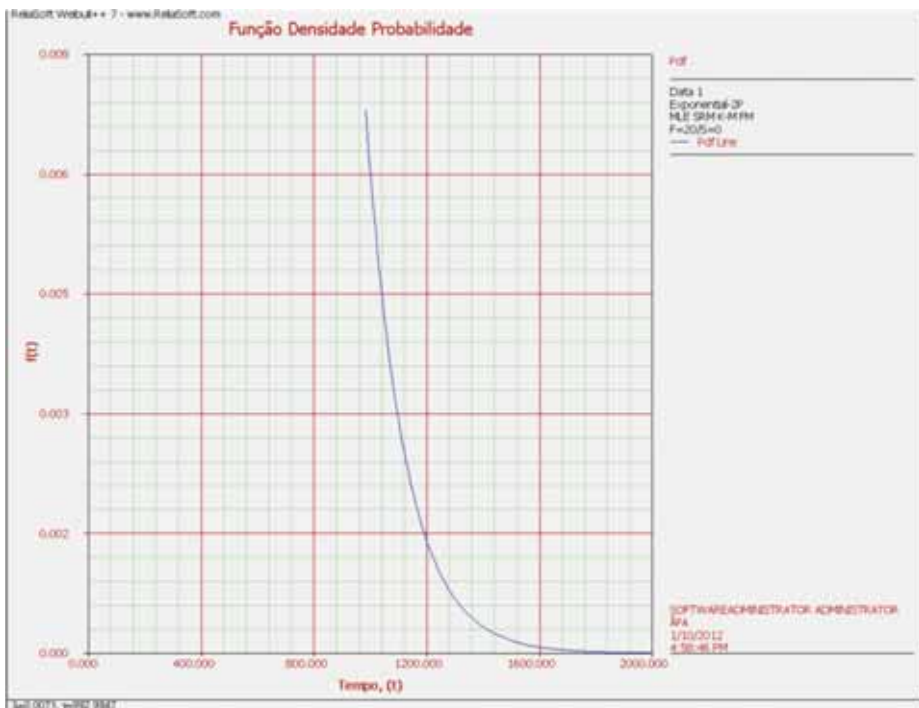


Figura 9: Gráfico da Função Densidade Probabilidade de Falha

Através da Função Densidade Probabilidade de Falha (ver figura 9) pode-se visualizar como as falhas ocorrem durante a vida das bielas e como as falhas estão estatisticamente distribuídas.

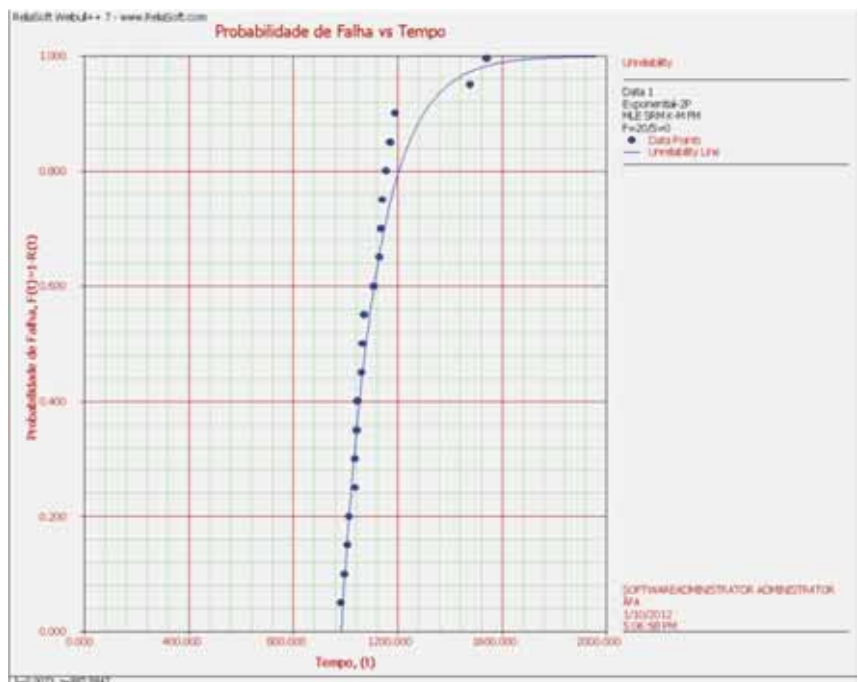


Figura 10: Gráfico da Função Probabilidade de Falha

Através da análise do gráfico da função probabilidade de falha (ver figura 10) pode-se observar que às 1.200 horas de operação a probabilidade de falha das bielas de comando de passo é de 80%, enquanto às 1.600 horas de operação a probabilidade de falha está muito próximo dos 100%.

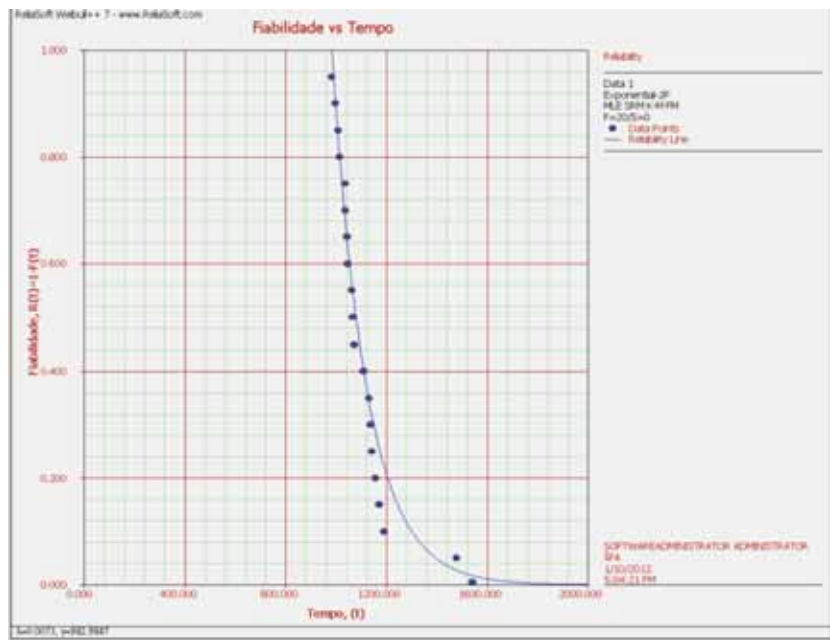


Figura 11: Gráfico da Função Fiabilidade

## 8. CONCLUSÃO

As 5 bielas de comando de passo da aeronave EH1010 são um componente crítico que afeta a segurança de voo.

Dada a incidência de remoções prematuras, decidiu-se realizar um trabalho preliminar tendente a apurar as características de fiabilidade do componente em causa para o período 2005 – 2011, tendo sido removidos 84 topos superiores dos quais 31 apresentam falha prematura.

A existência de folga excessiva no topo superior da rótula da biela apenas pode ser resolvida pela substituição do componente antes da falha. Assim, a solução passa por prever a sua falha de forma a prevenir eventuais incidentes.

A partir dos dados de remoção prematura, recorreu-se ao programa *Relia Soft (Weibull ++ 7)* para calcular a probabilidade de avaria ao longo da operação.

Desta análise concluiu-se que, para assegurar uma fiabilidade de 100%, as bielas não podem operar mais que 982 horas.

A introdução deste resultado na gestão da frota EH101 terá seguramente impacto em termos de segurança bem como no domínio da logística de suporte e ainda no planeamento das intervenções periódicas das acções de manutenção. Aspectos que poderão conduzir ao aumento da prontidão dos meios.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Blanchard, B. S. (1998). **Logistics Engineering and Management**, 5.<sup>a</sup> edição. Prentice Hall: ISE, ISBN 0-13-905316-6.
- [2] Moraes, M. C. (2007). **Fiabilidade e controlo de qualidade**. Lisboa: IST - Notas de apoio - Fiabilidade, Cap. 1-6.
- [3] Sobral, J., & Ferreira, L. A. (2007). **Análise e Tratamento de Parâmetros Reais de Degradação na Óptica da Manutenção Condicionada**. 9º Congresso Nacional de Manutenção (pp. 147-148). Matosinhos: Livro de Proceedings.
- [4] Duarte, A. M. (2010). **Acompanhamento e análise da degradação em componentes mecânicos**. Lisboa: ISEL - Tese Mestrado.
- [5] Agusta Westland International, Ltd. (Issues - Aug 2004). **EH101 Merlin - Training Manual - Portugal**.

# Reabilitação Estrutural de Pavimentos em Betão Pré-esforçado



Autor: Rodolfo Arnaldo, Alferes Aluno do Mestrado Integrado  
na Especialidade de Engenharia Aeródromos  
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

Orientação: Professor Doutor Luís Picado Santos  
Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa

Coorientação: Adelaide Gonçalves, Capitão Engenheira de Aeródromos  
Direção de Infraestruturas, Comando da Logística, Força Aérea Portuguesa

**Resumo:** O dimensionamento do reforço estrutural dum pavimento aeroportuário é feito com base no conhecimento das suas condições atuais e segundo o método que melhor se coaduna à problemática em causa. Desta feita, descrevem-se alguns dos métodos de dimensionamento mais utilizados e efetua-se a caracterização da pista conforme os ensaios realizados em anos anteriores. Adotando um dos métodos de dimensionamento, procede-se ao cálculo das espessuras das camadas dos pavimentos, para três tráfegos fictícios. Como termo de comparação das hipóteses de reforço consideradas, utiliza-se o método empregue pela Força Aérea Portuguesa. Por fim, descreve-se a previsão de custos de ciclo de vida, para as diferentes hipóteses de reabilitação.

**Palavras-chave:** Pavimentos; Pré-esforçado; Reabilitação Estrutural; Método da FAA; Custo de vida útil.

## 1. INTRODUÇÃO

Uma das componentes da atividade da Força Aérea Portuguesa (FA) é a gestão do seu património, onde a reabilitação tem cada vez mais relevância na organização. Neste contexto, estudaram-se as pistas da Base Aérea N°11 - Beja (BA11), de modo a apurar quais são as opções que podem ser tomadas em face do tráfego atual e do que se avizinha.

As pistas em estudo, “principal” e “secundária” são denominadas 01L-19R e 01R-19L, respetivamente, e têm como dimensões [14]:

01L-19R: 3450 m de comprimento e 60 m de largura;

01R-19L: 2951 m de comprimento e 30 m de largura.

Ambas possuem uma camada de desgaste em betão pré-esforçado com lajes de 96 m de comprimento, 7,5 m de largura e 0,16 m de espessura.

Nenhuma intervenção assinalável foi efetuada até à data, sendo que desde a sua construção em 1962 as pistas não sofreram alterações à sua constituição.

O objetivo foi pois o de estudar diferentes hipóteses de reabilitação estrutural e, na medida em que for possível, estabelecer uma abordagem de referência para outras pistas na Força Aérea Portuguesa.

Para esse efeito, apresenta-se em primeiro lugar uma caracterização genérica dos diferentes tipos de pavimentos presentes em aeródromos. De seguida, descrevem-se algumas metodologias de dimensionamento. Após escolhida a metodologia que melhor se coaduna à problemática em causa e estudada a caracterização e estado atual das pistas, efetua-se a compatibilização dos modelos estruturais anteriormente determinados com o método de dimensionamento escolhido e determinam-se as hipóteses de estrutura que asseguram a conformidade das soluções.

Por fim, efetua-se uma análise económica das hipóteses estudadas, pois é também um fator preponderante aquando duma possível escolha para aplicar no terreno.



## 2. ESTRUTURAS TÍPICAS E METODOLOGIAS DE DIMENSIONAMENTO

Os tipos de pavimentos que frequentemente constituem as infraestruturas de transporte rodoviárias e aeroportuárias podem ser agrupados em três grandes grupos, consoante as suas características: pavimentos flexíveis, rígidos e semirrígidos [8].

A maior diferença entre estes tipos de pavimentos, para além do material constituinte da camada superficial, é a forma como transmitem as cargas dos rodados das aeronaves pelas camadas, que está representada na Figura 1.



**Figura 1:** Distribuição de cargas nos pavimentos rígido e flexível.

No que diz respeito a métodos de dimensionamento de pavimentos, existe uma grande variedade, sendo a sua divulgação e aplicabilidade variável. O método da *Federal Aviation Administration* (FAA) é apoiado num programa de cálculo (FAARFIELD), sendo um dos mais utilizados. O método de dimensionamento utilizado pelo programa da FAA baseia-se numa análise elástica por camadas e por uma análise tridimensional de elementos finitos, para os pavimentos flexíveis e rígidos, respetivamente. Este método entra ainda em consideração com o movimento lateral das aeronaves, relativamente ao eixo da pista, através dum fator cumulativo de dano (CDF) [10].

Outro método com grande expressão mundial é o utilizado pelo Corpo de Engenheiros dos Estados Unidos (CEEU), o qual é denominado PCASE e que utiliza uma análise elástica por camada para o dimensionamento, tanto de pavimentos flexíveis como de pavimentos rígidos. Este método admite a possibilidade de se efetuar o dimensionamento segundo uma abordagem empírica e outra analítica.

Ambos os métodos permitem dimensionar pavimentos novos e reforços para os existentes, consoante as necessidades apresentadas.

## 3. CARACTERIZAÇÃO DA PISTA

A pista da Base Aérea N°11, em Beja, quando foi projetada em 1962 apoiou-se no método de dimensionamento de pavimentos rígidos do CEEU, que se baseava no tipo de missão que



o aeródromo viria a desempenhar e na aeronave crítica para essa mesma missão [15], sendo o processo de pré-esforço HHS o utilizado para a sua construção [12].

### 3.1. Condições Atuais da Pista

Atualmente, após muitos anos de serviço, a pista ainda se encontra em boas condições sem apresentar anomalias graves nas inspeções visuais efetuadas [4].

No entanto, no que diz respeito aos coeficientes de atrito determinados, existem zonas onde estes estão abaixo dos mínimos recomendados [1]. Através de ensaios efetuados nos anos de 2003 e 2009, outras propriedades do pavimento foram determinadas, tais como:

- Deflexões da laje [4];
- Tensões médias de compressão no betão, induzidas pelo pré-esforço, de 2,25 MPa [4];
- Posição efetiva dos cabos de pré-esforço longitudinais e transversais [5];
- Espessura das diferentes camadas do pavimento [4];
- Resistência à compressão simples e módulo de deformabilidade do solo-cimento, de 13,4 MPa e 6,0 GPa, respetivamente [4];
- Resistência à compressão simples e módulo de deformabilidade do betão, de 83 MPa e 42 GPa, respetivamente [4];
- Resistência do betão à tração em flexão de 7,5 MPa [4].

A análise dos resultados dos ensaios possibilitou a construção dum modelo estrutural do pavimento, no programa BISAR 3.0, com as características apresentadas no Quadro 1.

**Quadro 1:** Modelos de comportamento estrutural deduzidos dos ensaios de carga com deflectómetro de impacto (programa BISAR 3.0) [4]

Betão		Interface K (MPa/m)	Solo-cimento		Solo de Fundação		
H1 (m)	E1 (MPa)		H2 (m)	E2 (MPa)	H3 (m)	E3 (MPa)	E4 (MPa)
0,16	42000	8333	0,17	6000	2,00	75	1000

**LEGENDA:**

H1 , H2 , H3 – Espessuras da laje de betão, da camada de solo-cimento e da camada superior de solo, respetivamente;

E1, E2, E3, E4 – Módulos de deformabilidade do betão, do solo-cimento e das camadas superior e inferior de solo, respetivamente;

K – Rigidez tangencial na junta entre a laje de betão e a camada de solo-cimento.

### 3.2. Classificação ACN/PCN

O método de classificação ACN/PCN baseia-se na atribuição de valores de ACN (*Aircraft Classification Number*) para aeronaves e valores de PCN (*Pavement Classification Number*) para pavimentos. O valor ACN exprime o efeito da solicitação produzida por um dado avião

num pavimento e o PCN, entre outros fatores, a capacidade de carga dum dado pavimento aeroportuário em termos de uma carga máxima admissível por roda simples que, atuando com uma pressão de enchimento de 1,25 MPa, possa efetuar 10 000 recobrimentos [11]. Desta forma, qualquer avião que possua um ACN inferior ou igual ao PCN dum dado pavimento pode operar neste sem quaisquer restrições.

O cálculo da carga máxima admissível para a pista em estudo foi efetuado com base na análise do modelo estrutural do pavimento, mediante a utilização do programa BISAR 3.0, da Shell, com vista a evitar a ocorrência de fendilhação das lajes. Para isso limitou-se a tensão de tração na base das lajes de betão pré-esforçado a 4,65 MPa. Obteve-se uma carga vertical máxima de 222 kN, conferindo à pista uma PCN de 45, em termos de capacidade de carga do pavimento.

## 4. DIMENSIONAMENTO DE SOLUÇÕES

No Plano Diretor do Aeroporto de Beja, elaborado pela empresa “COBA - Consultores para obras, barragens e planeamento, S.A” em colaboração com a EDAB (2003), define-se que, não havendo nenhuma previsão fidedigna da mistura de tráfego, a mesma será constituída por aeronaves com classificação ACN, de aproximadamente 55. Por esta razão, um dos objetivos é efetivamente que o pavimento reforçado possua uma classificação, igual ou superior, a PCN 55.

### 4.1. Tráfego

No dimensionamento das alternativas à reabilitação da pista da BA11 foi considerado um tráfego que pareceu ser realista para as solicitações futuras do aeródromo. Este tráfego foi dividido em civil e militar, visto que a base aérea em questão será utilizada por ambos. O tráfego civil considerado foi o do aeroporto de Faro, mas devido ao facto de poder ser excessivo, considerou-se apenas parte do tráfego total, analisando-se três relações possíveis:

- 50% do tráfego do aeroporto de Faro;
- 30% do tráfego do aeroporto de Faro;
- 30% do tráfego do aeroporto de Faro, mais redução de 50% das passagens da aeronave mais danosa para o pavimento.

Com base no Relatório Anual de Tráfego do Aeroporto de Faro (2009), com a informação do número de partidas de cada companhia aérea, e um documento com o horário dos voos regulares [3], contendo a informação da aeronave que cada companhia opera, define-se o tráfego civil de projeto a considerar, sendo o resultado apresentado no Quadro 2.

**Quadro 2:** Total de descolagens para cada Aeronave Civil.

Aeronave	Total Descolagens em 2009	50% das Descolagens	30 % das Descolagens
A320	5187	2594	1556
B737-800	4626	2313	1388
A321	3358	1679	435
A300-600	1451	726	1007
B757-300	1220	610	366
B757-200	545	273	164
B737-300	387	194	116
Gulfstream V	208	104	62
B737-100	173	87	52
A319	152	76	46
B737-700	63	32	19

O tráfego militar anual obtém-se a partir duma média aritmética dos movimentos registados entre os anos de 2005 e 2010 [9]. Note-se que os *touch-and-go's*, presentes nos registos da Força Aérea Portuguesa foram também contabilizados como descolagens mas, corrigidos de um fator de 0,5. Esta consideração apoia-se no facto da manobra induzir menor esforço no pavimento, em termos de cargas verticais, que uma descolagem convencional. No Quadro 3 é apresentado o tráfego militar considerado para o dimensionamento das hipóteses de reabilitação.

**Quadro 3:** Tráfego militar.

Aeronave correspondente no FAARFIELD	Tipo	Total Descolagens 2005-2010	Média Anual
(An-124)	A124	8	2
(A319-100 opt)	A319	130,5	26
(A320-200 opt)	A320	49	10
(BeechJet 400A)	AJET	14048,5	2810
(Sngl Whl-30)	AMX	6	1
(B747-400ER Freighter)	B747	3,5	1
(C-130)	C130	18,5	4
(C-130)	C160	121	24
(F-16C)	F16	38	8
(P-3)	P3	1450	290
(F-15C)	TORNADO	22	4
(A310-300)	A310	14	3
(C-17A)	C17	4	1
(B707-320C)-350.000lbs	E3TF <sup>(1)</sup>	53	11
(IL76T)	IL76	10	2

(1) O E3TF ou E-3 Sentry é utilizado como "Airborn Warning And Control System" (AWACS) e tem a fuselagem dum Boeing 707/320, mas com a particularidade de ter um radar rotativo na parte superior.

## 4.2. Hipóteses de Reabilitação

As hipóteses de reabilitação dividem-se em dois grupos, a saber, construção nova e reforço. Em cada um deles consideram-se as alternativas da reabilitação ser feita com pavimento rígido ou flexível, sendo dimensionadas no total quatro hipóteses distintas.

No dimensionamento do novo pavimento rígido todas as camadas são caracterizadas pela sua espessura e módulo de deformabilidade, à exceção da laje de betão de cimento, que é caracterizada pela espessura e resistência à flexão (módulo de deformabilidade fixo em 27 579 MPa) [10]. No Quadro 4 apresentam-se as espessuras das camadas calculadas a partir do método da FAA, para os diferentes níveis de tráfego.

**Quadro 4:** Espessuras das camadas de pavimento rígido.

	Sub-base (mm)	Base (mm)	Camada Superficial (mm)
Tráfego 50%	260	150	400
Tráfego 30%	230	150	380
Tráfego 30%, mais Redução em 50% da Aeronave Condicionante	240	150	372

No dimensionamento do novo pavimento flexível optou-se por modelar as camadas de misturas betuminosas agrupadas numa única camada, sendo utilizado na determinação do módulo de deformabilidade, o método da Shell [13] [7]. O resultado da aplicação desse método, com os módulos de deformabilidade correspondentes, encontra-se no Quadro 5.

**Quadro 5:** Módulo de deformabilidade para diferentes espessuras da camada betuminosa.

Espessura (cm)	16	22	25	28	30	32
Temperatura de Serviço (°C)	30	30	29,4	29,4	28,9	28,5
Módulo de Deformabilidade (MPa)	4100	4100	4400	4400	4600	4800

As espessuras das camadas do novo pavimento flexível, para os diferentes níveis de tráfego, são apresentadas no Quadro 6.

**Quadro 6:** Espessuras das camadas de pavimento flexível.

	Base (mm)	Camada Superficial (mm)
Tráfego 50%	400	240
Tráfego 30%	450	212
Tráfego 30%, mais Redução em 50% da Aeronave Condicionante	450	203

O dimensionamento do reforço, rígido e flexível, requer o cálculo prévio duma laje de betão de cimento equivalente, que possua as características dentro dos parâmetros utilizados pelo programa utilizado pela FAA, análogas às características da camada de desgaste do pavimento existente, mantendo a mesma classificação PCN de 45 [11]. No Quadro 7, apresentam-se as propriedades da laje equivalente.

**Quadro 7:** Propriedades da laje equivalente.

Espessura	Resistência à Flexão (R)	Módulo de Deformabilidade (E)
220 mm	4,50 MPa	27 579 MPa

No dimensionamento do reforço com uma camada de betão de cimento, com reforço rígido, utilizam-se como camadas subjacentes as determinadas para o modelo estrutural do pavimento existente, à exceção da camada de betão pré-esforçado que é substituído pela laje equivalente. Os resultados dos cálculos das espessuras de reforço apresentam-se no Quadro 8.

**Quadro 8:** Espessuras de reforço rígido.

	Reforço Rígido (mm)
Tráfego 50%	382
Tráfego 30%	356
Tráfego 30%, mais Redução em 50% da Aeronave Condicionante	347

No dimensionamento do reforço com uma camada de betão betuminoso, reforço flexível, as camadas subjacentes consideradas são as mesmas que se consideram aquando do cálculo do reforço rígido. O módulo de deformabilidade da camada de reforço depende da sua espessura, procedendo-se ao mesmo cálculo, segundo o método da Shell, para o determinar. No Quadro 9 mostram-se as espessuras de reforço flexível obtidas.

**Quadro 9:** Espessuras de reforço flexível.

	Reforço Flexível (mm)
Tráfego 50%	329
Tráfego 30%	304
Tráfego 30%, mais Redução em 50% da Aeronave Condicionante	294

Após calculadas as diferentes soluções, determina-se a capacidade de carga que cada uma terá, traduzido pelo respetivo valor de PCN. A aferição desse valor é feita mediante a utilização do programa BISAR 3.0, da Shell. Refira-se que no cálculo do PCN do pavimento com reforço rígido, tem-se em atenção as tensões limites de tração, tanto na base da camada de reforço, como na base da camada de betão pré-esforçado, que são diferentes entre si. No cálculo do PCN do pavimento com reforço flexível, limita-se a tensão na base da camada de betão existente e não as extensões, na base da camada betuminosa e topo do solo de fundação, por se verificar a elevada rigidez do pavimento, mesmo antes de reforçado.

O Quadro 10 mostra os resultados dos cálculos da capacidade de carga das diferentes hipóteses de reabilitação consideradas para os vários tráfegos.

Quadro 10: PCN dos pavimentos dimensionados no FAARFIELD.

	Novo Pavimento Rígido	Novo Pavimento Flexível	Reforço Rígido	Reforço Flexível
Tráfego 50%	112	94	112	153
Tráfego 30%	102	90	98	139
Tráfego 30%, mais Redução em 50% da Aeronave Condicionante	98	86	96	135

5. ANÁLISE DE CUSTO DAS OPÇÕES

A análise do custo de cada uma das opções (nomeadamente de ciclo de vida) requer o conhecimento das operações de manutenção e reabilitação a efetuar durante a vida útil do pavimento. Essa informação obtém-se mediante a consulta de registos e previsões de alguns aeroportos americanos [6].

Opta-se por fazer a análise de custo das quatro hipóteses de reabilitação, mas apenas para o tráfego civil a 30% com redução da aeronave condicionante, visto que a análise com os restantes níveis de tráfego não influenciaria as relações de custos entre as diferentes hipóteses de reabilitação. Os custos de construção inicial e o custo do ciclo de vida, para as diferentes hipóteses de reabilitação, encontra-se no Quadro 11.

Analisando o quadro abaixo, pode concluir-se que a hipótese economicamente mais vantajosa é a reabilitação estrutural por reforço flexível. A apresentação de custos totais, faz-se adicionando e subtraindo 10% do valor total, assim sendo, para uma pista com 3450 m de comprimento por 60 m de largura (pista principal da BA11), a aplicação desta hipótese teria um custo espectável de referência situado entre 7.083.126 € e 8.657.154 € [FAA, 2009]<sup>(2)</sup>.

Quadro 11: Custos das hipóteses de reabilitação.

Hipótese	Custo Inicial (€/m²)	Valor Atual do Custo de Ciclo de Vida (€/m²)
Novo Rígido	176,80	178,49
Novo Flexível	40,05	46,19
Reforço Rígido	138,80	140,55
Reforço Flexível	29,40	38,02

6. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

No presente artigo abordam-se quatro hipóteses de reabilitação estrutural das pistas em betão pré-esforçado da Base Aérea de Beja (BA11), a qual serve o tráfego militar mas tem desígnios de ser operado de forma permanente com tráfego civil.

(2) O valor apontado só reflete as condições que foram explicitadas para o seu cálculo. De facto, o valor depende largamente das condições de tráfego descritas no Capítulo 4, as quais foram definidas pelas entidades que realizaram o estudo – e que mereceram análise crítica, pois tal excede o âmbito deste trabalho. Paralelamente, este trabalho não aborda as entidades que devem ser envolvidas no financiamento do custo da recuperação da pista, pois tal poderá ter que ter em conta a responsabilidade pela distribuição de tráfego (civil vs militar).

O dimensionamento foi feito segundo o método da FAA, com recurso ao programa FAARFIELD.

Com base nas dimensões dos pavimentos novos e das camadas de reforço, calcularam-se as respectivas capacidades de carga, e atribuiu-se a cada um uma classificação PCN.

Mediante este cálculo observou-se que todas as hipóteses, calculadas segundo o FAARFIELD, tinham classificação superior à determinada como classificação alvo para a operação de aeronaves para a nova missão a que a pista se destina, estimando-se que ao final de 20 anos de utilização a exigência de ter PCN igual ou superior 55 seria largamente cumprida.

A breve análise de custo das quatro hipóteses de reabilitação revelou que a hipótese mais vantajosa, tanto do ponto de vista do custo inicial, como do custo a longo prazo é a reabilitação através da aplicação duma camada de reforço flexível.

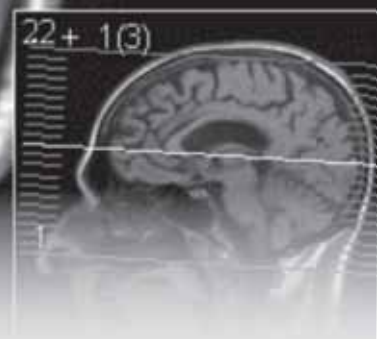
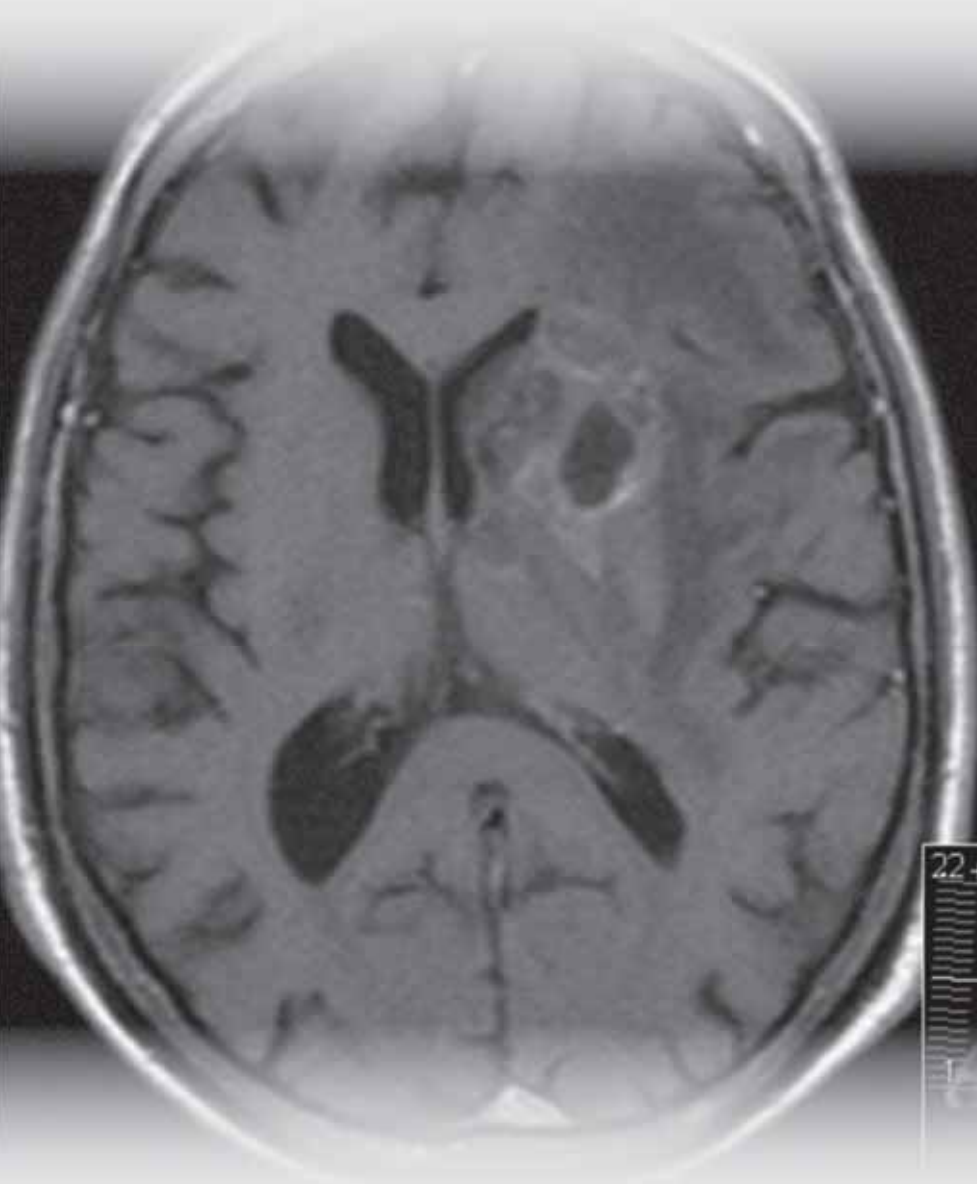
Em face dos dados obtidos, entende-se que seria importante a condução de um estudo que considerasse outras hipóteses de tráfego, de modo a otimizar a espessura das camadas atendendo à melhor solução técnico-económica que se ajuste à real utilização do aeródromo, visto que as camadas de reforço calculadas parecem estar sobredimensionadas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANA, Aeroportos de Portugal - **"Coeficiente de Atrito da Pista 01L-19R, Base Aérea N.º11-Beja,"** 2010. [ANA, 2010]
- [2] ANA, Aeroportos de Portugal - **"Relatório Anual de Tráfego,"** Aeroporto de Faro, 2009. [ANA, 2009]
- [3] ANA, **Aeroportos de Portugal**, <[http://www.ana.pt/portal/page/portal/ANA/AEROPORTO\\_FARO](http://www.ana.pt/portal/page/portal/ANA/AEROPORTO_FARO)> consultado em setembro de 2011 [ANA, 2011]
- [4] ANTUNES, M. L. - **"Classificação ACN/PCN das Pistas da Base Aérea de Beja,"** 2003. Acessível na Direção de Infraestruturas da Força Aérea Portuguesa, Lisboa, Portugal. [Antunes, 2003]
- [5] ANTUNES, M. L., MARECOS, V., AZEVEDO, N. - **"Reavaliação da Classificação ACN/PCN das Pistas da Base Aérea de Beja,"** 2009. Acessível na Direção de Infraestruturas da Força Aérea Portuguesa, Lisboa, Portugal. [Antunes et al., 2009]
- [6] ARA, Applied Research Associates, Inc., **"Life Cycle Cost Analysis for Airport Pavements,"** Champaign, Illinois, 2011. [ARA, 2011]
- [7] BATISTA, A., PICADO-SANTOS, L. (1999) - **"Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários Flexíveis: validação de recentes desenvolvimentos"**. Atas do 10º Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, vol. II, pp. 1467-1480, Sevilha. [Batista; Picado-Santos, 1999]
- [8] BRANCO, F.; PEREIRA, P.; SANTOS - **"Pavimentos Rodoviários"**, 2ª Reimpressão, Edições Almedina, SA, Coimbra, outubro de 2006. [Branco et al., 2006]
- [9] DINFA, **Resumo dos Movimentos** da Base Aérea N.º11 do ano de 2005 a 2010. [DINFA, 2010]
- [10] FAA, Office of Airport Safety and Standards - **"Airport Pavement Design and Evaluation,"** AC 150/5320-6E, U.S. Department of Transportation, 2009 [FAA, 2009]
- [11] ICAO - **"Aerodrome design Manual Pavements, Part 3."** 2nd Edition, 1983. [ICAO, 1983]
- [12] MELLO, António Cabral - **"Construção dos Pavimentos Rígidos em Betão Pré-Esforçado nas Pistas da Base Aérea N.º11 em Beja,"** 1962, Relatório de Estágio. [Mello, 1962]
- [13] PICADO-SANTOS, L. (1995) - **"Consideração da Temperatura no Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários Flexíveis"**. Tese de Doutoramento, Dept. Engª Civil da F.C.T. da U. de Coimbra, 2 volumes, Coimbra. [Picado-Santos, 1995]
- [14] PORTUGAL. **Military AIP, LPBJ AD, 2011.** Acessível na Intranet da Força Aérea Portuguesa. [Portugal, AIP]
- [15] USACE - **"Rigid Airfield Pavements,"** Corps of Engineers, U.S. Army Manual, EM 1110-45-303, 1958 [USACE, 1958]



# Toxoplasmosse Cerebral: Um caso clínico



Autor: Diana Cristóvão, Alferes Aluna do Mestrado Integrado em Medicina  
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

Orientação: Dra. Maria Alice Ribeiro  
Especialista em Infeciologia do Hospital de Santa Maria,  
Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa, Lisboa

**Resumo.** A toxoplasmose é uma infecção de origem parasitária, provocada pelo protozoário intracelular, *Toxoplasma gondii*. Na maioria dos casos, a infecção inicial evolui para formas latentes crônicas. A doença apenas se torna perceptível na infecção adquirida por via transplacentária, e nos doentes com uma imunodeficiência significativa como a SIDA, ocorrendo devido a uma reativação da infecção latente, resultante de uma perda progressiva da imunidade celular. Antes do aparecimento da epidemia provocada pelo vírus VIH, a toxoplasmose cerebral constituía uma complicação rara. A toxoplasmose apenas assume a sua maior importância com o aparecimento da infecção pelo vírus VIH/SIDA, o que fez desta doença uma infecção oportunista frequente, representando a principal causa de lesão expansiva cerebral nesta população e a forma mais frequente de apresentação da toxoplasmose em doentes imunodeprimidos. Esta doença continua a ser uma importante causa de morbilidade e mortalidade entre os doentes com SIDA, se não reconhecida e tratada precocemente.

Neste artigo, descreve-se o caso clínico de um doente VIH positivo, que desenvolveu toxoplasmose disseminada ao SNC, enfatizando-se a epidemiologia, a fisiopatologia, a clínica, o diagnóstico e a conduta terapêutica, inerentes a esta patologia.

## ABREVIATURAS

**Ag:** Antigénio

**BAAR:** Bacilos Ácido Álcool Resistentes

**BAV:** Bloqueio aurículo-ventricular

**BKV:** Vírus BK

**CE:** Crânio-encefálica

**CHMT:** Centro Hospitalar Médio Tejo

**CMV:** Citomegalovírus

**DNA:** Ácido desoxirribonucleico

**DVE:** Derivação ventricular externa

**EBV:** Vírus Epstein-Barr

**EDA:** Endoscopia digestiva alta

**EV:** Endovenoso

**FC:** Frequência cardíaca

**HAART:** Highly active antiretroviral therapy

**HIC:** Hipertensão intracraniana

**HSM:** Hospital de Santa Maria

**JCV:** Vírus JC

**LBA:** Lavado bronco-alveolar

**LCR:** Líquido cefalo-raquidiano

**LEMP:** Leucoencefalopatia multifocal progressiva

**LOE:** Lesão ocupando espaço

**LPSNC:** Linfoma primário do sistema nervoso central

**OD:** Olho direito

**OE:** Olho esquerdo

**PCR:** Polimerase chain reaction

**PL:** Punção Lombar

**PCR:** Proteína Creativa

**RM:** Ressonância magnética

**RNA:** Ácido ribonucleico

**RPR:** Rapid Plasma Reagin,

**SIDA:** Síndrome da Imunodeficiência Adquirida

**SNC:** Sistema nervoso central

**SU:** Serviço de Urgência

**TC:** Tomografia computadorizada

**VHB:** Vírus da hepatite B

**VHC:** Vírus da hepatite C

**VIH:** Vírus da imunodeficiência humana

## 1. INTRODUÇÃO

O vírus VIH infeta principalmente as células que apresentam a molécula CD4 à sua superfície, predominantemente linfócitos T CD4+ e macrófagos. A molécula CD4 age como recetor do vírus, mediando a invasão celular <sup>[10,14,20]</sup>. Isto traz como consequência, a diminuição sérica destas células, resultando numa imunossupressão <sup>[19]</sup>.

O VIH é transmitido através do contacto com os fluidos orgânicos (sangue, fluido vaginal e esperma) de indivíduos infetados, sendo as principais formas de transmissão: sexual, sanguínea e vertical (transmissão de mãe para filho) <sup>[11]</sup>. O modo de transmissão dominante é a via sexual, em particular, a transmissão heterossexual <sup>[12,21]</sup>.

A história natural da infeção pelo VIH apresenta uma ampla variabilidade entre os indivíduos afetados. Esta pode ser dividida em três fases: a fase aguda, também designada por síndrome de seroconversão; a assintomática; e a sintomática. A maioria das pessoas desenvolve evidência clínica ou laboratorial de imunodeficiência 8 a 10 anos após a seroconversão <sup>[19]</sup>.

É nesta fase mais avançada que se desenvolvem as doenças oportunistas. Assim, à medida que o número de linfócitos T CD4+ diminui, o risco e severidade das doenças oportunistas aumenta <sup>[36]</sup>, sendo portanto o seu valor utilizado para guiar a ação clínica e terapêutica dos doentes infetados pelo VIH <sup>[39]</sup>. Com base no sistema de classificação do CDC (Center for Disease Control and Prevention - EUA), todos os doentes VIH-positivos com contagem de CD4 menor que 200 cél/mm<sup>3</sup> são categorizados como tendo SIDA <sup>[36]</sup>.

A toxoplasmose é uma infeção de origem parasitária, provocada pelo protozoário intracelular, *Toxoplasma gondii* <sup>[5,6]</sup>.

A sua transmissão ocorre principalmente por três vias: por meio da ingestão de carnes cruas ou mal cozinhadas infetadas com quistos de *Toxoplasma*; pela ingestão de água e alimentos contaminados com oócitos eliminados nas fezes de gato; ou por transmissão congénita. <sup>[1,16]</sup>. Só em casos muito raros a infeção é adquirida através de transfusões sanguíneas ou transplantação de órgãos <sup>[1]</sup>.

A infeção aguda geralmente é assintomática, podendo no entanto alguns doentes apresentar sintomas inespecíficos e desenvolver linfadenopatias cervicais ou infeções oculares. Na grande maioria dos casos a infeção inicial evolui para formas latentes crónicas. A doença apenas se torna perceptível na infeção adquirida por via transplacentária e nos doentes com uma imunodeficiência significativa como a SIDA <sup>[1,16,22,26]</sup>.

Antes do aparecimento da epidemia provocada pelo vírus VIH, a toxoplasmose cerebral constituía uma complicação rara nos doentes imunodeprimidos. A toxoplasmose apenas assume a sua maior importância com o aparecimento da infeção VIH/SIDA, o que fez desta doença uma infeção oportunista frequente, representando a principal causa de lesão expansiva cerebral nesta população <sup>[4,17,37]</sup>.

A toxoplasmose cerebral ocorre assim devido a uma reativação da infeção latente, resultante de uma perda progressiva da imunidade celular. Na maioria dos casos, a infeção cerebral ocorre quando a contagem de linfócitos T CD4+ atinge valores abaixo de 100 cél/mm<sup>3</sup> <sup>[22]</sup>. A incidência de toxoplasmose cerebral em doentes VIH positivos correlaciona-se diretamente com a prevalência de anticorpos anti-*T. gondii* na população infetada pelo VIH, com o grau de imunossupressão do indivíduo infetado pelo VIH e com a instituição de profilaxia adequada contra o desenvolvimento de toxoplasmose cerebral <sup>[26,29,32,35]</sup>.

Do ponto de vista epidemiológico, esta zoonose apresenta uma ampla distribuição geográfica, sendo a prevalência de anticorpos anti-*T. gondii* aproximadamente 90% em alguns dos países europeus, como a França e Grécia, ao passo que nos EUA esta varia entre 10 e 15%. Enquanto nos doentes imunocompetentes a toxoplasmose parece não variar de região para região, nos doentes imunodeprimidos, esta infeção é mais prevalente em determinadas áreas, em função da infeção VIH, da transplantação de órgãos e da prescrição de terapêutica imunomoduladora <sup>[1]</sup>.

As manifestações clínicas da toxoplasmose cerebral são diversas e apresentam variados cursos clínicos. Na maioria dos casos, manifesta-se como doença subaguda (duração de 1-4 semanas), evidenciando uma ou mais das seguintes alterações: cefaleias (50-55%), hemiparesia (40-50%), febre (40-50%) e confusão mental (40-50%).

Com menor frequência, observa-se letargia (30%), ataxia (30%), alterações dos pares cranianos (20%), convulsões (15-30%), afasia (6-25%), alterações visuais (15%), rigidez de nuca (10%) e alterações do comportamento (4%) <sup>[22,24,28,37]</sup>.

Em 30% dos doentes a toxoplasmose cerebral pode manifestar-se com alterações neurológicas agudas, principalmente confusão mental, défices neurológicos focais e convulsões. 10% dos casos apresentam encefalite difusa com rápido e progressivo deterioramento neurológico e sem lesões focais visíveis <sup>[22,24,26]</sup>.

Tendo em conta o enquadramento teórico acima descrito, nas próximas secções deste artigo far-se-á a descrição do caso clínico de um doente VIH positivo com toxoplasmose disseminada ao SNC, caracterizando as metodologias de diagnóstico e terapêutica utilizadas.

## 2. DESCRIÇÃO DO CASO CLÍNICO

Trata-se de um doente do sexo masculino, 45 anos, solteiro, desempregado, natural e residente no concelho de Torres Novas, que dá entrada dia 27.OUT.09 no SU do CHMT, apresentando um quadro confusional com 3 dias de evolução, associado a hemiparesia direita e desvio da marcha.

A TC-CE efetuada nesse dia revelou: “LOE no hemisfério cerebral esquerdo, em localização fronto-temporo-parietal profunda, com edema e efeito de massa que determina desvio da linha média para a direita, herniação subfacial e do III ventrículo (...) com captação heterogénea, mas que na região dos núcleos da base parece esboçar captação em anel (...). Sem hidrocefalia”.

Por necessidade de observação pela especialidade de Neurocirurgia, o doente foi transferido para o HSM. À admissão apresentava-se pouco colaborante, desorientado temporo-espacialmente, com alteração do estado de consciência, pupilas anisocóricas (OD>OE), ataxia da marcha e hemiparesia direita de predomínio braquial. Sem outros défices neurológicos motores e ausência de sinais meníngeos.

Ao exame objetivo observaram-se placas esbranquiçadas ao nível da orofaringe, tendo-se realizado posteriormente uma EDA, com a confirmação do diagnóstico de Candidíase oroesofágica, com esofagite em todo o esófago. O doente apresentou melhoria clínica após ter completado 15 dias de terapêutica com fluconazol 200mg/dia (e.v.). Foram observadas, ao nível

da glândula e prepúcio, lesões vesiculares e ulcerativas compatíveis com Herpes genital, que apresentaram melhora após terapêutica com aciclovir 400 mg 8/8 horas (*per os*) durante 10 dias.

Analiticamente, apresentava uma anemia normocítica normocrômica (hemoglobina de 9,9g/dL, eritropenia de  $3,36 \times 10^{12}/L$  e hematócrito de 28,4%), trombocitopenia de  $130 \times 10^9/L$ , leucopenia de  $1,6 \times 10^9/L$  (neutrófilos 81,4%, eosinófilos 1,6%), hiponatremia de 127mmol/L, elevação da gama-GT (GGT=292U/L). Sem aumento dos parâmetros inflamatórios (PCR de 0,1mg/dL). Sem outras alterações relevantes. Após observação pelo especialista em Neurocirurgia foi excluída indicação cirúrgica, ficando o doente internado no serviço de Doenças Infeciosas do HSM. Dos antecedentes pessoais, salientam-se:

- Infecção VIH com aproximadamente 10 anos de evolução, com seguimento irregular no CHMT e má adesão à terapêutica antirretroviral;
- Tuberculose pulmonar em 2004;
- Pneumonia adquirida na comunidade sem agente isolado em 2007.

Após admissão no serviço de Doenças Infeciosas, com base nas características imagiológicas da lesão e no contexto clínico-laboratorial, equacionaram-se, como principais hipóteses diagnósticas:

- LOE do SNC de causa infecciosa – Toxoplasmose Cerebral;
- LOE do SNC de causa tumoral – LPSNC.

Assim, perante o diagnóstico presuntivo de toxoplasmose cerebral, o doente iniciou terapêutica empírica antitoxoplasmose com sulfadiazina 1000mg 6/6 horas (*per os*), pirimetamina 75mg/dia (*per os*) e folinato de cálcio 30mg/dia (*per os*), que cumpriu durante todo o período de internamento.

No 2º dia de internamento (28.OUT) assistiu-se a uma exacerbação do quadro clínico, caracterizada por um agravamento da hemiparesia direita (Grau 3, de predomínio braquial), e por períodos de tremor do membro superior direito, descritos como mioclonias, que foram interpretadas como eventuais crises focais motoras.

Este agravamento motivou a realização de nova TC-CE (Fig. 1) no dia 29.OUT que documentou, para além das características já referidas no exame anterior, “sinais de hidrocefalia obstrutiva”.

Deste modo, o doente foi novamente reavaliado pelo especialista em Neurocirurgia com vista a eventual colocação de um cateter de DVE. No entanto, devido à ponderação dos riscos inerentes à realização deste procedimento, optou-se por iniciar uma terapêutica intensiva para redução do edema cerebral com manitol 250mL/dia (e.v.) e dexametasona 10mg 8/8 horas (e.v.), associada a uma terapêutica anticonvulsionante com valproato de sódio 1600mg (e.v.). Iniciou ainda antibioterapia com meropenem 2g 8/8 horas (e.v.).

A terapêutica médica estabelecida foi eficaz, tendo-se verificado uma progressiva melhoria clínica e imagiológica ao longo do tempo. Realizou nova TC-CE (Fig.2) no dia 03.NOV que mostrou uma “evolução imagiológica favorável”. A 05.NOV realizou RMN-CE (ver Figs.3 a e Fig 3b) que revelaram:

“Lesão expansiva com cerca de 5cm de diâmetro com epicentro nos núcleos da base, interessando o núcleo lenticular, braço anterior da cápsula interna e cabeça do núcleo caudado



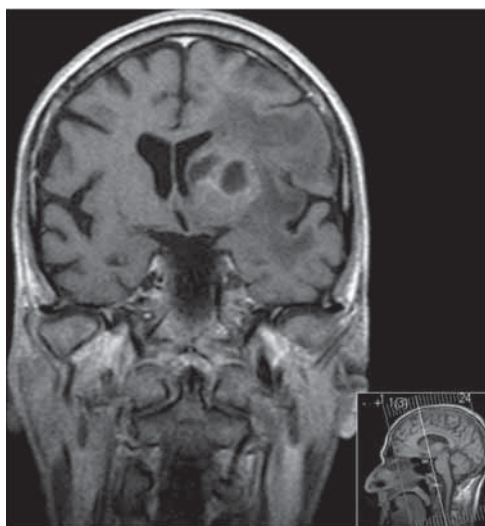
**Figura 1:** TC-CE sem contraste (29/OUT/10)

à esquerda. A lesão é heterogênea, provavelmente necrótica a nível central, com captação moderada e heterogênea de contraste e com marcado edema vasogênico que condiciona efeito de massa com moldagem do ventrículo homolateral e desvio da linha média, mas sem sinais de hidrocefalia ativa”.

No seguimento deste exame, manteve o tratamento para a Toxoplasmose e iniciou a redução progressiva da corticoterapia. Observou-se ainda o aparecimento de um exsudado uretral mucopurulento, pelo que no dia 11.NOV foram pedidos os seguintes exames:



**Figura 2:** TC-CE com gadolínio (03/NOV/10)

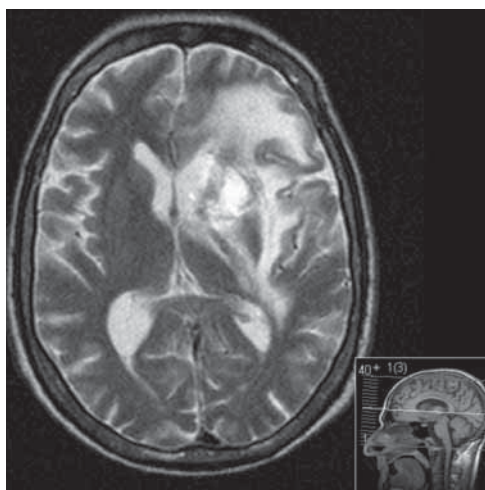


**Figura 3a:** RM-CE, T1 coronal com gadolínio (5/NOV/10)

- bacteriológico;
- micológico do exsudado uretral e urina tipo II, que revelaram uma infecção urinária nosocomial, presumivelmente secundária à algiação do doente durante o período inicial.

Neste contexto, registou-se o isolamento de *E. coli* em urocultura (resistente a ampicilina, cefradina e cotrimoxazol). O doente tinha efetuado inicialmente antibioterapia com meropenem e após a identificação do agente fez a descalção para cefuroxime 1,5g 8/8 horas (e.v.) de acordo com o antibiograma.

Na TC-CE de controlo às duas semanas de tratamento para a toxoplasmose do SNC (13. NOV), verificou-se uma “evolução favorável da extensa lesão hipodensa hemisférica cerebral esquerda, traduzida por marcada redução da sua extensão e associada diminuição do seu efeito



**Figura 3b:** RM-CE, T2 axial com gadolínio (5/NOV/10)



de massa loco-regional com reexpansão do ventrículo lateral esquerdo e dos sulcos cerebrais corticais adjacentes. Sem sinais de hidrocefalia ativa.”

O doente foi observado pelo especialista em Neurocirurgia, que decidiu não efetuar biópsia estereotática da lesão, por involução da mesma com a terapêutica antitoxoplasmose instituída e a favorável evolução clínica do doente.

A evolução clínica e imagiológica favoreceram a hipótese de Toxoplasmose cerebral. No entanto, como foi efetuada corticoterapia em altas doses durante vários dias, não se pôde excluir a hipótese de LPSNC (que também reduz com a administração de corticoides).

No dia 17.NOV foi realizado o estadiamento da infeção VIH, tendo-se obtido os seguintes resultados: linfócitos T CD4+ = 3,6 células/mm<sup>3</sup> (2,7%) e RNA-VIH – 97 019 cp/mL.

Apesar da imperiosa necessidade da terapêutica antirretroviral, não foi efetuada a sua reintrodução na medida em que se desconheciam os fármacos que tinham sido efetuados previamente e qual a possibilidade de se garantir a adesão após a alta.

A 21.NOV realizou as seguintes serologias: VHB e VHC negativas, Toxoplasmose com IgG positiva (IgG=243) e IgM negativa, Sífilis (RPR) negativa, CMV com IgG positiva e IgM negativa e Ag criptocócico negativo.

No dia 26.NOV efetuou PL, cujo estudo citoquímico do LCR mostrou: “aspecto límpido e incolor, proteinorráquia de 61,6mg/dL (15-45), glicorráquia de 35mg/dL (glicémia de 83mg/dL), cloretos 124mmol/L (118-132) e contagem de células de 1célula/mm<sup>3</sup>. Efetuou-se ainda o exame direto e cultural do LCR para a pesquisa de BAAR, com resultado negativo, e a pesquisa de DNA de EBV, JCV e BKV, CMV e Ag toxoplasmático, com resultado negativo, à exceção do CMV que foi positivo.

Dos restantes exames complementares de diagnóstico efetuados durante o internamento, salienta-se:

- Telerradiografia do torax que revelou a existência de uma fina lâmina de derrame pleural à direita, associada a um reforço hilar e infiltrado intersticial difuso tendo, para exclusão de foco infeccioso específico no aparelho respiratório, sido o doente submetido a uma broncofibroscopia com colheita de secreções brônquicas, LBA e biópsia brônquica cujos exames culturais bacteriológicos, micológicos e para micobactérias foram negativos, assim como também não se observou *Toxoplasma gondii* no resultado da biópsia brônquica;
- Eletrocardiograma, que revelou BAV 2º Grau e bradicardia (FC= 45bpm); Ecocardiograma que não mostrou quaisquer alterações;
- Ecografia abdominal e TC toraco-abdomino-pélvica os quais não revelaram quaisquer alterações.

Ao 32º dia de internamento (dia 27.NOV.09) o doente teve alta hospitalar, apresentando-se clinicamente melhorado, apirético, orientado no tempo e no espaço, com discurso fluente e pupilas isocóricas.

Apresentava uma franca melhoria da hemiparesia direita (de Grau 2), pelo que conseguia mobilizar o membro superior direito contra resistência. No entanto, mantinha desequilíbrio da

marcha, apresentando necessidade de ajuda parcial na atividade de vida diária, tendo iniciado terapêutica de reabilitação motora.

Durante o internamento estabeleceram-se os seguintes diagnósticos:

- 1 - Infecção VIH1/SIDA (Estádio C3);
- 2 - Lesão do SNC (provável Toxoplasmose Cerebral ou do SNC);
- 3 - Epilepsia secundária;
- 4 - Candidíase oro-esofágica;
- 5 - Infecção urinária noso-comial (*E.coli*).
- 6 - Herpes genital;
- 7 - Pancitopénia provavelmente relacionada com o VIH.

### 3. DISCUSSÃO DO CASO CLÍNICO

O *Toxoplasma gondii* é um protozoário intracelular que infeta frequentemente os humanos, e estima-se que um terço da população mundial já esteve exposta a este parasita <sup>[1,16]</sup>. A toxoplasmose tem sido considerada uma das mais importantes infeções oportunistas do SNC detetada nos doentes com SIDA <sup>[7,37]</sup>.

A partir da década de 90, assistiu-se a um decréscimo na incidência da toxoplasmose (incluindo a toxoplasmose do SNC) em doentes com SIDA. Este declínio deveu-se não só à evolução da terapêutica antirretroviral HAART <sup>[1,9,25,27]</sup>, como também à prática regular de medidas profiláticas contra o *Pneumocystis jiroveci* e o *T. gondii* <sup>[1,30]</sup>. Contudo, a toxoplasmose cerebral continua a ser uma importante causa de morbilidade e mortalidade em doentes VIH positivos, sobretudo em contextos com poucos recursos, sendo uma complicação neurológica frequente apesar da acessibilidade à terapêutica HAART e profilaxia eficaz <sup>[9]</sup>.

No caso descrito, as manifestações clínicas apresentaram-se com sintomatologia compatível com envolvimento do SNC. Esta apresentação vai de encontro ao descrito na literatura científica mundial, uma vez que o principal local de evidência clínica de toxoplasmose em doentes imunocomprometidos é o SNC, pelo que a toxoplasmose cerebral é a forma de apresentação mais comum nestes doentes. Apesar da disseminação ao SNC ser a mais comum, outros órgãos também podem ser afetados. Algumas formas de manifestação extracerebral são: a pneumonite toxoplasmática, a corioretinite, a miocardite e a toxoplasmose disseminada, sendo que a doença pulmonar e ocular são as apresentações mais comuns em doentes com toxoplasmose extracerebral <sup>[1]</sup>.

A telerradiografia ao torax de doentes com toxoplasmose pulmonar, não apresenta na maioria das vezes imagens características, mas por vezes os achados podem ser semelhantes aos encontrados na pneumonia, a *Pneumocystis jiroveci* <sup>[1]</sup>. No caso clínico descrito, a existência de uma fina lâmina de derrame pleural à direita, associada a um reforço hilar e infiltrado intersticial difuso conduziu à realização de broncofibroscopia para colheita de secreções brônquicas, LBA e biópsia brônquica que excluíram envolvimento do aparelho respiratório pelo *T. gondii* e outras doenças infecciosas, nomeadamente a tuberculose pulmonar.

O ecocardiograma, a ecografia abdominal e a TC toraco-abdomino-pélvica permitiram excluir disseminação a outros órgãos.

Teria sido também importante a observação do doente pelo especialista em Oftalmologia, para a exclusão de envolvimento oftalmológico, nomeadamente uveíte, retinite ou coroidite pelo *T. gondii* ou envolvimento pelo CMV, uma vez que a pesquisa de DNA para o CMV por PCR foi positiva.

Em relação aos exames complementares de diagnóstico, os estudos imagiológicos incluindo a TC-CE e a RM-CE estão quase sempre alterados e podem ser altamente sugestivos de toxoplasmose cerebral.

A maioria das lesões observadas na TC são quísticas múltiplas, bilaterais e hipodensas, com reforço anelar pelo contraste e edema perilesional [2,26].

Estas lesões envolvem preferencialmente as regiões cerebrais frontal e parietal, particularmente as junções cortico-medulares e os gânglios da base, podendo ou não deslocar as estruturas adjacentes (efeito de massa) ou apresentar sinais de HIC [18,22,26].

Menos frequentemente, pode apresentar-se como uma lesão única, podendo mesmo não se observar qualquer lesão na TC. Na presença de uma lesão única ou na ausência de lesões detetadas na TC, está indicado a realização de RM, e se esta confirmar a presença de uma lesão solitária, o doente poderá então ser submetido a uma biópsia cerebral [24,26].

Com o aparecimento da infeção VIH/SIDA assistiu-se a um aumento significativo da incidência dos linfomas primários do SNC, que se tornaram a segunda causa mais comum de lesão cerebral ocupando espaço na SIDA, logo a seguir à toxoplasmose do SNC [18]. Assim, perante uma lesão solitária do SNC, o maior desafio é estabelecer o diagnóstico diferencial entre a toxoplasmose cerebral e o LPSNC, uma vez que estas são patologias que muitas vezes são indistinguíveis imagiologicamente [26,18].

Ambas apresentam lesões que são reforçadas pelo uso de contraste e que provocam efeito de massa. Contudo, a presença de hiperdensidade na TC não contrastada e a localização subependimal são mais a favor do diagnóstico de linfoma [18]. A RM apresenta maior sensibilidade e definição na caracterização das lesões do SNC quando comparada com a TC-CE [2,8,31,37].

Apesar dos estudos de imagem do cérebro serem indispensáveis no diagnóstico e abordagem dos doentes com toxoplasmose cerebral, não existem achados imagiológicos na TC ou RM que sejam patognomónicos desta doença [38]. Além da TC e da RM, têm adquirido cada vez maior importância no diagnóstico diferencial com o linfoma, a Tomografia Computorizada Emissora de Positrões (PET) e a Tomografia Computorizada Emissora de Fotões (SPECT) [2,8]. A ausência de absorção aumentada por parte das lesões na SPECT e uma atividade diminuída na PET são características da toxoplasmose cerebral [22].

A toxoplasmose cerebral entre indivíduos com SIDA pode ser difícil de diagnosticar e precisa de ser diferenciada de outras doenças neurológicas. Pela sua tradução imagiológica, a toxoplasmose do SNC faz diagnóstico diferencial com: LPSNC, LEMP, tuberculomas, abscessos, infeção a CMV, acidentes vasculares isquémicos, metástases de neoplasia extra-SNC [2,3,23].

Relativamente ao diagnóstico da doença, a análise do LCR em doentes VIH-positivos com toxoplasmose cerebral pode ser normal ou pode demonstrar pleocitose (predominantemente por linfócitos e monócitos), hiperproteinorráquia ou hipoglicorráquia [22,26]. No caso clínico apresentado, a PL realizada após um mês de internamento demonstrou celularidade normal, hiperproteinorráquia e hipoglicorráquia.

Assim, na análise do LCR, os exames citológico, bioquímico e imunoelectroforético revelam grande inespecificidade etiológica, sendo apenas orientadores do diagnóstico diferencial. No entanto, os exames cultural e anatomo-patológico do LCR, as serologias para vírus neurotrópicos no LCR, a antigenemia para *Criptococcus neoformans* no LCR, e a pesquisa no LCR por PCR (*Polimerase Chain Reaction*) para *Toxoplasma gondii*, *Mycobacterium tuberculosis*, vírus Epstein-Barr e vírus JC podem constituir, pela sua positividade, valiosos dados para o diagnóstico etiológico desta patologia [8].

Deste modo, a pesquisa por PCR no LCR permite a detecção do DNA de alguns micro-organismos. Este é um método altamente sensível e específico para o diagnóstico de doenças oportunistas do SNC na SIDA, como o LPSNC (pela detecção do vírus Epstein-Barr), a LEMP (vírus JC), os tuberculomas (*Mycobacterium tuberculosis*) e a própria toxoplasmose cerebral (*T. gondii*). A pesquisa por PCR no LCR para o *T. gondii* assume pois particular interesse no diagnóstico da toxoplasmose cerebral, quando a pesquisa é positiva [8,22].

No caso clínico em estudo, realizou-se ao 30º dia de internamento, o exame direto e cultural do LCR, onde a pesquisa de BAAR revelou resultado negativo, e a pesquisa de DNA de EBV, JCV e BKV e Ag toxoplasmático, demonstrou resultado negativo, à exceção do CMV que foi positivo.

Os anticorpos antitoxoplasma são frequentemente detetados no soro de doentes com toxoplasmose cerebral, no entanto os valores dos títulos de anticorpos são incertos em determinar uma reativação aguda ou para fazer o seguimento da doença [22].

O valor destes testes é pois discutível, uma vez que a doença resulta, habitualmente, de uma reativação da infeção latente, durante a fase avançada de imunossupressão, sendo o perfil sorológico destes doentes semelhante ao da população geral com infeção inativa.

Assim, por norma não são detetados anticorpos IgM anti-*Toxoplasma gondii* e os anticorpos IgG não diferenciam a infeção latente da infeção ativa. Neste caso clínico, o doente apresentou serologias para a toxoplasmose com IgM negativa e IgG positiva (IgG=243) [15].

A toxoplasmose cerebral ocorre em estádios avançados de imunodeficiência, e a ausência de anticorpos antitoxoplasma detetados pelo método de imunofluorescência não exclui o diagnóstico [37]. Deste modo, as serologias para a toxoplasmose são só orientadoras para o diagnóstico, pelo que apenas têm valor preditivo positivo quando associadas a outros dados diagnósticos [8].

Na maioria dos casos, o diagnóstico precoce da toxoplasmose cerebral é presuntivo, baseando-se nos dados imagiológicos TC ou da RM e na presença de anticorpos IgG antitoxoplasma no soro, e ainda num quadro clínico sugestivo e contagem de linfócitos T CD4+ inferior a 200 cél/mm<sup>3</sup> [15,22]. A confirmação diagnóstica obtém-se através da realização da prova terapêutica antitoxoplasma, se existir resposta clínica e/ou imagiológica favorável entre 7 a 14 dias após o início da terapêutica empiricamente instituída [8,15], como se verificou neste caso clínico.

A biópsia estereotática da lesão permite também chegar a um diagnóstico definitivo. Este é um procedimento invasivo que está reservado para os casos em que a resposta à prova terapêutica não se verifique, ou quando a imagiologia ou os outros meios complementares de diagnóstico são pouco esclarecedores [8,22]. Neste caso clínico, a decisão de efetuar biópsia estereotática da lesão foi suspensa pela Neurocirurgia, por involução da mesma com a terapêutica antitoxoplasma instituída e a favorável evolução clínica do doente, o que favoreceu a hipótese diagnóstica da lesão do SNC se tratar de toxoplasmose cerebral.

No doente estudado foram a TC e RM compatíveis com Toxoplasmose, a positividade da serologia para *Toxoplasma gondii* no soro e a resposta à terapêutica antitoxoplasma que proporcionaram o diagnóstico.

Em suma, são particularmente úteis para o diagnóstico de toxoplasmose cerebral a RM, o exame do LCR com pesquisa por PCR para *T. gondii*, a resposta positiva à terapêutica empírica antitoxoplasma e, eventualmente, a biópsia da lesão cerebral [8].

O tratamento da toxoplasmose cerebral associada à SIDA divide-se em duas vertentes, a saber, a terapêutica aguda e a de manutenção. A terapêutica aguda é administrada durante a fase aguda da doença neurológica, e deve durar um período de 3 a 6 semanas, idealmente 6 semanas, se assim for tolerada [13].

O tratamento de manutenção, que consiste na administração dos mesmos fármacos da terapêutica aguda, mas em menores doses, deve ser continuado até melhoria do estado imunitário do doente, uma vez que quando o tratamento é suspenso, a taxa de recidiva é demasiado elevada [13,22]. Na ausência de terapêutica HAART, 50 a 80% dos doentes com SIDA que não receberam tratamento de manutenção, sofreram nova recidiva de toxoplasmose cerebral até aos 12 meses [13].

O tratamento só poderá ser suspenso nos doentes que apresentem criteriosamente um aumento considerável e prolongado dos linfócitos T CD4+ com valores acima de 200 células/mm<sup>3</sup> ou superior a 14% do total de linfócitos, por um período mínimo de 12 semanas, decorrentes de terapêutica antiretroviral eficaz [22]. No caso clínico apresentado, não houve referência se o doente foi para o ambulatório a fazer terapêutica para a toxoplasmose.

Os doentes com toxoplasmose cerebral exibem normalmente uma melhoria clínica e imagiológica depois do início do tratamento adequado. No estudo de Luft et al verificou-se uma resposta neurológica favorável em 51% dos doentes ao 3º dia de tratamento e em 91% dos doentes ao 14º dia [34]. Neste caso clínico, verificou-se também uma boa resposta terapêutica ao fim de 2 semanas de tratamento para a toxoplasmose do SNC.

O estudo neuroradiológico deve ser repetido 2 a 4 semanas depois do início da terapêutica, para controlo da evolução da doença [13], tal como se procedeu no caso clínico.

O tratamento de eleição da toxoplasmose cerebral é constituído pela associação de pirimetamina, sulfadiazina e ácido fólico [16]. A pirimetamina é considerada o elemento chave no tratamento da toxoplasmose cerebral associada à SIDA, sendo este fármaco um potente inibidor da diidrofolato redutase, bloqueando a síntese de ácidos nucleicos. A combinação da pirimetamina com a sulfadiazina (fármaco inibidor da diidrofolato sintetase) bloqueia de modo sequencial, o metabolismo do ácido fólico das formas proliferativas do organismo, exibindo assim uma atividade sinérgica contra o *T.gondii* [13]. A pirimetamina provoca frequentemente supressão da medula óssea relacionada com a dose, resultando em trombocitopénia, granulocitopénia, ou anemia megaloblástica.

Deste modo, os doentes que recebem tratamento com pirimetamina devem realizar suplementação por via oral com ácido fólico para prevenir os efeitos adversos hematológicos causados por este fármaco [22]. Deve ainda monitorizar-se com frequência a contagem dos elementos sanguíneos, para deteção da toxicidade da medula óssea associada ao uso da pirimetamina. A sulfadiazina também pode apresentar algumas reações adversas. Por vezes é responsável pelo aparecimento de *rash* cutâneo e pode ainda causar nefrotoxicidade [13].

O esquema alternativo mais utilizado é a associação de pirimetamina, clindamicina e ácido folínico, que tem eficácia similar ao esquema de primeira linha <sup>[13,22]</sup>. Esta combinação é sobretudo utilizada quando os doentes não toleram as sulfonamidas <sup>[22]</sup>. Existem outros esquemas alternativos possíveis, embora menos estudados, que incluem, pirimetamina-sulfadoxina, pirimetamina em monoterapia, atovaquone em monoterapia e associações de pirimetamina e ácido folínico com claritromicina, atovaquone, azitromicina ou dapsona <sup>[13,22]</sup>.

Estes esquemas terapêuticos apresentam duas importantes limitações:

- não são ativos contra os quistos tecidulares de *T. gondii* pelo que a descontinuação da terapêutica, após a terapêutica inicial de 6 semanas resulta na maioria das vezes na recrudescência da doença, e portanto não erradicam a infeção <sup>[22]</sup>;
- apresentam elevadas incidências de efeitos adversos, o que justifica a descontinuação do tratamento em mais de 40% dos doentes <sup>[22,37]</sup>.

Os corticosteroides podem ser administrados aos doentes com toxoplasmose cerebral que apresentem lesões expansivas com significativo edema cerebral e HIC, tal como se verificou neste caso clínico. O curso do tratamento deverá ser o mais curto possível (de preferência não superior a 2 semanas).

Toda a resposta aparente ao tratamento antitoxoplasma que inclua a administração concomitante de corticosteroides deve ser interpretada cautelosamente. A diminuição do processo inflamatório provocada pela corticoterapia gera uma melhoria clínica no doente que não corresponde necessariamente à melhoria da doença oportunista.

Os corticosteroides podem ainda mascarar a presença de outras lesões expansivas cerebrais que não a toxoplasmose cerebral, principalmente o LPSNC, uma vez que este também apresenta boa resposta à corticoterapia <sup>[13]</sup>.

O uso de anticonvulsivantes destina-se aos doentes que desenvolvem crises convulsivas, tal como se procedeu neste caso clínico, devendo no entanto ser utilizados criteriosamente, tendo em conta os numerosos efeitos adversos e interações medicamentosas apresentados por estes fármacos <sup>[40]</sup>.

A profilaxia primária para a toxoplasmose cerebral está indicada em doentes com infeção pelo VIH com contagem de linfócitos T CD4+ menor que 100 células/mm<sup>3</sup> <sup>[22]</sup> e que tenham níveis detetáveis de anticorpos IgG específicos no sangue <sup>[26]</sup>. O esquema de escolha é trimetoprim-sulfametoxazol (cotrimoxazol) ou pirimetamina com dapsona <sup>[22]</sup>.

#### 4. CONCLUSÃO

A toxoplasmose, infeção parasitária provocada pelo protozoário intracelular, *Toxoplasma gondii*, assume a sua maior importância com o aparecimento da infeção VIH/SIDA, o que fez desta doença uma infeção oportunista frequente, representando a principal causa de lesão expansiva cerebral nesta população <sup>[4,17,37]</sup>.

A toxoplasmose cerebral ocorre devido a uma reativação da infecção latente, resultante de uma perda progressiva da imunidade celular. <sup>[22]</sup>.

Esta infecção é a forma mais frequente de apresentação da doença em doentes imunodeprimidos <sup>[9]</sup>, constituindo uma das principais causas de encefalite focal em doentes com SIDA <sup>[3,15]</sup>.

Esta doença continua a ser uma importante causa de morbilidade e mortalidade entre os doentes com SIDA, se não for reconhecida e tratada precocemente<sup>[3,7]</sup>.

Evidencia-se ainda o facto de esta patologia fazer diagnóstico diferencial com o LPSNC e com outras lesões cerebrais ocupando espaço <sup>[2,3,23]</sup>, pelo que se considera de difícil diagnóstico. No entanto, são particularmente úteis para o diagnóstico de toxoplasmose cerebral a RM, o exame do LCR com pesquisa por PCR para *Toxoplasma gondii*, a resposta positiva à terapêutica empírica antitoxoplasma e, eventualmente, a biópsia da lesão cerebral <sup>[8]</sup>.

O tratamento de eleição da toxoplasmose cerebral é constituído pela associação de pirimetamina, sulfadiazina e ácido fólico <sup>[16]</sup>.

Perante todo este enquadramento, o caso clínico apresentado demonstra bem a complexidade deste tipo de doente onde, para além do diagnóstico principal (Lesão do SNC - provável Toxoplasmose Cerebral - complicada com epilepsia secundária), estão sempre presentes simultaneamente outras comorbilidades (Infecção VIH1/SIDA (Estádio C3); Pancitopénia provavelmente relacionada com o VIH; Candidíase oro-esofágica; Infecção urinária noso-comial (*E.coli*); Herpes genital) que dificultam a escolha da metodologia diagnóstica e do esquema terapêutico mais adequados.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Becker JU, Singh D, Sinert RH (2010) "**Toxoplasmosis**". Medscape - eMedicine Specialties, Infectious Diseases. Acesso em <http://emedicine.medscape.com/article/787505-overview>
- [2] Becker JU, Singh D, Sinert RH (2010) "**Toxoplasmosis: differential diagnoses and workup**". Medscape - eMedicine Specialties, Infectious Diseases. Acesso em <http://emedicine.medscape.com/article/787505-diagnosis>
- [3] Kumar GG, Mahadevan A, Guruprasad AS, Kovoov JM, Satishchandra P, Nath A, Ranga U, Shankar SK (2010) "**Eccentric target sign in cerebral toxoplasmosis: neuropathological correlate to the imaging feature**". Journal of Magnetic Resonance Imaging 31(6):1469-1472.
- [4] Naqi R, Azeemuddin M, Ahsan H (2010) "**Cerebral toxoplasmosis in a patient with acquired immunodeficiency syndrome**". The Journal of the Pakistan Medical Association 60(4):316-318.
- [5] Dubey JP (2009) "**History of the discovery of the life cycle of *Toxoplasma gondii***". International Journal for Parasitology 39(8):859-860.
- [6] Ajioka JW, Morrisette NS (2009) "**A century of *Toxoplasma* research**". International Journal for Parasitology 39(8):859-860.
- [7] Nissapatorn V (2009) "**Toxoplasmosis in HIV/AIDS: a living legacy**". The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health 40(6):1158-78.
- [8] Martín FJ, Batista T, Araújo C (2008) "**Cerebral and spinal cord toxoplasmosis: a clinical case report**". Revista da Sociedade Portuguesa de Medicina Interna Vol.15 No.3/2008.
- [9] Contini C (2008) "**Clinical and diagnostic management of toxoplasmosis in the immunocompromised patient**". Parasitologia 50(1-2):45-50.



- [10] Azevedo-Pereira JM (2008) **"Ciclo biológico de VIH"**. In: Manual sobre SIDA. Ed. Francisco Antunes, Permanyer Portugal; 3ª edição. Pág. 9-26.
- [11] Paixão MT, Pádua E (2008) **"Transmissão da infeção por VIH"**. In: Manual sobre SIDA. Ed. Francisco Antunes, Permanyer Portugal; 3ª edição. Pág. 109-116.
- [12] Simon V, Ho D, Karim Q (2006) **"HIV/AIDS epidemiology, pathogenesis, prevention, and treatment"**. The Lancet 368:489-504.
- [13] Subauste CS (2006) **"Toxoplasmosis and HIV"**. In: Peiperl L, Coffey S, Volberding PA, eds. HIV InSite Knowledge Base [textbook online]. San Francisco: UCSF Center for HIV Information. Acesso em <http://hivinsite.ucsf.edu/>
- [14] Azevedo-Pereira JM, Santos-Costa Q, Moniz-Pereira J (2005) **"HIV-2 infection and chemokine receptors usage – clues to reduced virulence of HIV-2"**. Current HIV Research 3:3-16.
- [15] Borges AS, Figueiredo JF (2004) **"Detection of anti-Toxoplasma gondii IgG, IgM and IgA immunoglobulins in the serum, cerebrospinal fluid and saliva of patients with acquired immunodeficiency syndrome and neurotoxoplasmosis"**. Arquivos de Neuro-Psiquiatria 62(4):1033-1037.
- [16] Montoya JG, Liesenfeld O (2004) **"Toxoplasmosis"**. The Lancet 363(9425):1965-1976.
- [17] Nissapatorn V, Lee C, Quek KF, Leong CL, Mahmud R, Abdullah KA (2004) **"Toxoplasmosis in HIV/AIDS patients: a current situation"**. Japanese Journal of Infectious Diseases 57:160-165.
- [18] Berger JR (2003) **"Mass Lesions of the Brain in AIDS: The Dilemmas of Distinguishing Toxoplasmosis from Primary CNS Lymphoma"**. American Journal of Neuroradiology 24:554-555.
- [19] Burger S, Poles MA (2003) **"Natural history and pathogenesis of human immunodeficiency virus infection"**. Seminars in Liver Disease 23(2):115-24.
- [20] UNAIDS and WHO. (2003) **A History of the HIV/AIDS epidemic with emphasis on Africa**. Rep. United Nations Secretariat.
- [21] Alarcon LO, et al (2003) **"Determinants and prevalence of HIV infection in pregnant Peruvian women"**. AIDS Vol.17, 4:613-618.
- [22] Mamidi A, DeSimone JA, Pomerantz RJ (2002) **"Central nervous system infections in individuals with HIV-1 infection"**. Journal of Neurovirology 8:158-167.
- [23] Happe S, Fischer A, Heese C, Reichelt D, Grüneberg U, Freund M, Kloska S, Evers S, Husstedt IW (2002) **"HIV- associated cerebral toxoplasmosis - review and retrospective analysis of 36 patients"**. Der Nervenarzt 73(12):1174-1178.
- [24] Skiest DJ (2002) **"Focal neurological disease in patients with acquired immunodeficiency syndrome"**. Clinical Infectious Diseases 34:103-115.
- [25] Sacktor N, Lyles RH, Skolasky R, et al (2001) **"HIV-associated neurologic disease incidence changes: Multicenter AIDS Cohort Study, 1990-1998"**. Neurology Journal 56(2):257-260.
- [26] Montoya JG, Remington JS (2000) **"Toxoplasma gondii"**. In: Principles and Practice of Infectious Diseases. Eds. Mandell GL, Bennett JE, Dolin R. Philadelphia: Churchill Livingstone; pp. 2858-2888.
- [27] Maschke M, Kastrup O, Esser S, Ross B, Hengge U, Hufnagel A (2000) **"Incidence and prevalence of neurological disorders associated with HIV since the introduction of highly active antiretroviral therapy (HAART)"**. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry 69(3):376-380.
- [28] Cohen BA (1999) **"Neurological manifestations of toxoplasmosis in Aids"**. Seminars in Neurology 19:201-211.
- [29] Belanger F, Derouin F, Grangeot-Keros L, Meyer L (1999) **"Incidence and risk factors of toxoplasmosis in a cohort of human immunodeficiency virus-infected patients: 1988-1995"**. HEMOCO and SEROCO Study Groups. Clinical Infectious Diseases 28(3):575-581.
- [30] Bossi P, Caumes E, Astagneau P, Li TS, Paris L, Mengual X, Katlama C, Bricaire F (1998) **"Epidemiologic characteristics of cerebral toxoplasmosis in 399 HIV-infected patients followed between 1983 and 1994"**. LaRevue de médecine interne 19(5):313-317.
- [31] Knobel H, Guelar A, Graus F, Miro JM, Padro S, Mercader JM (1995) **"Toxoplasmic smic encephalitis with normal CT scan and pathologic MRI"**. The American Journal of Medicine 99(2):220-221.
- [32] Oksenhendler E, Charreau I, Tournier C, Azihary M, Carbon C, Aboulker JP (1994) **"Toxoplasma gondii infection in advanced HIV infection"**. AIDS 8(4):483-487.
- [33] Jacobson MA, Besch CL, Child C, Hafner R, Matts JP, Muth K, et al (1994) **"Primary prophylaxis with pyrimethamine for toxoplasmic encephalitis in patients with advanced human immunodeficiency virus disease: results of a randomized trial"**. Terry Beirn.

- [34] Luft BJ, Hafner R, Korzun AH, Leport C, Antoniskis D, Bosler EM, et al (1993) **"Toxoplasmic encephalitis in patients with the acquired immunodeficiency syndrome"**. The New England Journal of Medicine 329(14):995-1000.
- [35] Stellbrink HJ, Fuhrer-Burow R, Raedler A, Albrecht H, Fenske S (1993) **"Risk factors for severe disease due to Toxoplasma gondii in HIV-positive patients"**. European Journal of Epidemiology 9(6):633-637.
- [36] Centers for Disease Control. (1993) **"Revised classification system for HIV infection and expanded surveillance case definition for AIDS among adolescents and adults"**. Morbidity and Mortality Weekly Report Recommendations and Reports 41(RR-17):1-19.
- [37] Porter SB, Sande MA (1992) **"Toxoplasmosis of the central nervous system in the acquired immunodeficiency syndrome"**. The New England Journal of Medicine 327(23):1643-348.
- [38] Dina T (1991) **"Primary central nervous system lymphoma versus toxoplasmosis in AIDS"**. Radiology 179:823-828.
- [39] Fernandez-Cruz E, Desco M, Garcia Montes M, Longo N, Gonzales B, Zabay J (1990) **"Immunological and serological markers predictive of progression to AIDS in a cohort of HIVinfected drug users AIDS 4:987-994."**
- [40] Cohn J, McMeeking A, Cohen W et al (1989) **"Evaluation of the policy of empiric treatment of suspected Toxoplasma encephalitis in patients with the acquired immunodeficiency syndrome"**. The American Journal of Medicine 86:521-527.

# Desenvolvimento do Índice de Eficácia de um Subsistema Organizacional como Instrumento de Cockpit Organizacional



Autor: Marco Moreira, Aspirante Aluno do Mestrado Integrado  
na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica  
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

Orientador: Professor Doutor José Tribolet  
Departamento de Engenharia Informática, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa  
CODE – Center for Organizational Design and Engineering, INESC INOVAÇÃO, Lisboa, Portugal

Co-orientador: Carlos Páscoa, Tenente-Coronel Navegador  
Divisão de Operações, Estado-Maior da Força Aérea Portuguesa

**Resumo.** O panorama atual nacional, e também mundial, enfrenta várias crises que levam a uma escassez de recursos económicos que afetam todas as organizações. A Força Aérea Portuguesa não é exceção dado que é dependente do orçamento atribuído. Apesar da redução orçamental, a FA deve continuar a cumprir nobre e eficazmente a sua Missão sendo necessário criarem-se mecanismos que a ajudem a aumentar a sua eficiência mantendo a eficácia, como, por exemplo, um instrumento de cálculo do seu Índice de Eficácia Global na área operacional. Para tal, o Estado-Maior em coordenação com a Academia da Força Aérea Portuguesa, desenvolveu uma lógica de cálculo que obtém como resultado o Índice de Eficácia Operacional Global (IEOG).

**Palavras-Chave:** Eficácia, Eficiência, Índice de Eficácia Operacional Global.

## 1. INTRODUÇÃO

Este artigo relata os resultados de um processo de investigação tendente a dotar a FA de um instrumento que permita aferir a sua eficácia operacional, através do desenvolvimento de uma lógica de cálculo global. Pretende-se com esse índice conhecer, e dar a conhecer, o desempenho da operação da FA, comparando os domínios do planeamento e da execução, acrescentando eficácia, evolução, coesão e eficiência à Organização.

Assim, depois de uma contextualização teórica, a secção 2 apresenta o suporte teórico de apoio à secção 3, onde consta a proposta de solução para o problema e a sua validação. Por fim, na última secção tecem-se as conclusões a que se chegou.

## 2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Esta secção inclui um resumo teórico de todo o material com o qual se tomou contacto e o qual se revela fundamental para o desenvolvimento da solução do problema anunciado.

- **Eficácia vs Eficiência:** Dado que o foco central do trabalho é o conceito de eficácia, importa efetuar a sua definição e fazer a distinção do termo “eficiência”. Esta distinção é uma ação necessária pois os dois conceitos são semelhantes e por norma provocam algumas dúvidas e incorreções nas suas definições. A eficácia corresponde a “*is doing the right thing.*” [2] enquanto eficiência significa “*is doing the things right.*” [2]. A eficácia mede a relação entre os resultados obtidos e os objetivos pretendidos, ou seja, ser eficaz é conseguir atingir um dado objetivo, executá-lo bem e não se importar com a forma como foi alcançado. Eficiência é fazer algo com o menor gasto de recursos. Quando a eficácia é remetida para a organização, passa a designar-se por “eficácia organizacional”. Resumidamente, “eficácia” pode traduzir-se por ser o grau de cumprimento dos objetivos fixados e “eficiência” pode traduzir-se por ser a quantidade de recursos empregues no cumprimento desses objetivos.

- **Self-Awareness:** É um importante conceito no âmbito da Engenharia Organizacional (EO) que possui duas dimensões: a Individual e a Organizacional. Quanto ao nível Individual, afirma-se que *"da mesma forma que as pessoas sabem quem são, o que estão a fazer, também devem saber quem elas (e os outros) são na Organização e o quê e como, elas (e os outros) estão a fazer."* [3]. Ao nível Organizacional, *self-awareness* *"refere-se à combinação entre agentes humanos e autómatos, recursos e procedimentos que fornecem à Organização a inteligência necessária para lidar com questões como: Quem são os seus membros? Como é que atuam? O que estarão a fazer agora?"* [3]. Ter noção deste conceito e das suas dimensões é muito importante para a organização, pois uma vez esclarecidas, tenderão a aumentar e a melhorar a sua eficácia e eficiência.
  
- **Business Motivation Model (BMM):** *"Disponibiliza um esquema, ou estrutura, aplicável ao desenvolvimento de planos de gestão de negócio de uma forma organizada."* [4]. O BMM pode ser dividido em cinco áreas a saber:
  - Meios – identificam a forma de como a Organização atingirá o Fim;
  - Fins – representam algo que o negócio pretende alcançar como Objetivos (SMART – *Specific, Measurable, Attainable, Relevant* e *Time-based*) e Metas;
  - Influenciadores – são qualquer coisa que possa *"produzir um efeito sem a utilização de uma força tangível ou exercício direto de comando, frequentemente sem esforço ou intenção deliberada."* [5] e têm impacto na organização, mais concretamente nos Meios e na forma como atingem os Fins;
  - Assessment – é um julgamento/análise acerca de um Influenciador. Esta análise deve ser SWOT, ou seja, nela devem constar os *Strenghts, Weaknesses, Opportunities* e *Threats*;
  - Impacto Potencial – um Impacto Potencial que tenha significado para um Assessment é um impacto que origine Diretivas que condicionarão Linhas de Ação.
  
- **Balanced Scorecard (BSc):** É um método complexo de avaliação e de gestão de desempenho desenvolvido por Kaplan e Norton e o mesmo é considerado como *"um conjunto de medidas que dá aos gestores de topo uma rápida mas compreensiva visão do negócio"* [6]. O BSc baseia-se em quatro perspetivas: a Financeira, que reflete se as medidas de desempenho financeiro estão a contribuir para atingir os objetivos propostos; os Clientes, que traduz a missão e a estratégia da organização em objetivos específicos que possuem a finalidade de satisfazer os clientes; os Processos Internos de Negócio, que identifica os recursos e as capacidades necessárias para elevar o nível interno de qualidade da organização; e a Aprendizagem e Crescimento, que oferece a infraestrutura que possibilita a consecução dos objetivos nas outras perspetivas.
  
- **Arquitetura Empresarial (AE):** Pode ser definida como *"um conjunto coerente de princípios, métodos e modelos que são usados no desenho e realização dos aspetos de uma empresa e que refletem: Estrutura Organizacional, Processos de Negócio, Sistemas de Informação e Infraestrutura."* [7].

- **Knowledge Performance Indicators (KPI's):** São "*medidas quantificáveis que traduzem os fatores de sucesso crítico de uma organização.*" [8] e ajudam a organização a definir e a medir o seu progresso até atingir os seus objetivos.
- **Performance Management:** Ou Gestão de Desempenho, é um processo que estabelece um entendimento comum acerca do que a organização deve alcançar e a forma como o deve fazer. Pode também ser descrita como uma aproximação estratégica e integrada, entregando sucesso sustentado às organizações que se focam no melhoramento contínuo do seu desempenho e no desenvolvimento do empregado.
- **Identificação dos Indicadores de Apoio à Decisão de Natureza Estratégica [9]:** Define os elementos que constituem a área operacional designados por "Triade Operacional": Missão, Aeronaves e Tripulações. É de elevada importância ter a noção que estes elementos estão interligados, são interdependentes e por isso afetam-se mutuamente.

A FA desenvolveu um conjunto de Regras de Negócio que regulam a sua componente operacional desde a identificação da Missão consubstanciada no número de Horas de Voo (HV), como o quantitativo de pessoal (operacional e de manutenção) e aeronaves necessários para a operação. As Regras de Negócio principais e que importam a este artigo são as seguintes:

- **Diretiva (DIR) 04/94 – Regime de Esforço (RE).** Define o RE, o respetivo planeamento e permite o cumprimento das Missões superiormente definidas;
- **DIR 02/04 – Cálculo Automático do Custo da Hora de Voo (CHV).** Define a lógica de cálculo do CHV sendo essencial para o planeamento pois leva a uma boa gestão da organização e à obtenção dos seus objetivos com sucesso;
- **DIR 07/07 – Missão, Numeração e Distintivos das Unidades Aéreas.** Identifica a Missão das Unidades Aéreas e a sua decomposição;
- **DIR 03/08 – Módulos de Pessoal para Operação e Manutenção de Sistemas de Armas.** Explicita as exigências relativas ao quantitativo de pessoal (operação e manutenção), o número de Horas de Voo (HV) e o número de aeronaves prontas para três cenários (Conceito de Operações, RE e Guia) criando uma base que permita aferir o aproveitamento racional dos efetivos da Organização;
- **DIR 02/09 – Plano de Execução das Ações subsequentes à DIR 03/08.** Define as regras de negócio aplicáveis à operação dos meios da FA. Tem o objetivo de acrescentar eficiência e eficácia operacional, definir instrumentos de gestão e de apoio à decisão, entre outros;
- **DIR 03/11 – Objetivos de Gestão para 2011.** Define a lógica de composição dos custos do funcionamento da FA visando aumentar a sua eficiência.

### 3. DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Este parágrafo é considerado como nuclear no trabalho. Através de toda a matéria científica abordada, das Regras de Negócio e do conhecimento adquirido foi desenvolvida uma solução para o problema. Essa solução e a sua validação serão feitas neste capítulo.

#### 3.1 Solução do Problema do Trabalho

Com base no que anteriormente foi escrito foi desenvolvido o seguinte modelo do IEOG:

UA	Frota	RE Aprovado (2011)	Aeronaves Prontas	Tripulações	Média HV	Média Aeronaves	Média Tripulações	% Objectivo (HV)	% Objectivo (Aeronaves)	% Objectivo (Tripulações)	IEO UA
101	EPSILON	HVP 101	APP 101	TQP 101	HVE 101	APE 101	TQE 101	% OHV 101	% OAP 101	% OTQ 101	IEO 101
103	AJET	HVP 103	APP 103	TQP 103	HVE 103	APE 103	TQE 103	% OHV 103	% OAP 103	% OTQ 103	IEO 103
201	F16M	HVP 201	APP 201	TQP 201	HVE 201	APE 201	TQE 201	% OHV 201	% OAP 201	% OTQ 201	IEO 201
301		HVP 301	APP 301	TQP 301	HVE 301	APE 301	TQE 301	% OHV 301	% OAP 301	% OTQ 301	IEO 301
401	C-212	HVP 401	APP 401	TQP 401	HVE 401	APE 401	TQE 401	% OHV 401	% OAP 401	% OTQ 401	IEO 401
501	C-130	HVP 501	APP 501	TQP 501	HVE 501	APE 501	TQE 501	% OHV 501	% OAP 501	% OTQ 501	IEO 501
502	C-295M	HVP 502	APP 502	TQP 502	HVE 502	APE 502	TQE 502	% OHV 502	% OAP 502	% OTQ 502	IEO 502
504	FALCON 50	HVP 504	APP 504	TQP 504	HVE 504	APE 504	TQE 504	% OHV 504	% OAP 504	% OTQ 504	IEO 504
552	ALIII	HVP 552	APP 552	TQP 552	HVE 552	APE 552	TQE 552	% OHV 552	% OAP 552	% OTQ 552	IEO 552
601	P-3	HVP 601	APP 601	TQP 601	HVE 601	APE 601	TQE 601	% OHV 601	% OAP 601	% OTQ 601	IEO 601
751	EH 101	HVP 751	APP 751	TQP 751	HVE 751	APE 751	TQE 751	% OHV 751	% OAP 751	% OTQ 751	IEO 751
752	SA-330B	HVP 752	APP 752	TQP 752	HVE 752	APE 752	TQE 752	% OHV 752	% OAP 752	% OTQ 752	IEO 752
		Total HVP	Total APP	Total TQP	Total de Média HVE	Total de Média APE	Total de Média TQE	% Média OHV	% Média OAP	% Média OTQ	IEOG
		HVP APP TQP Planeado			HVE APE TQE Efectuado			% Efectuado / Planeado			IO

Figura 1: Modelo do IEOG [10]

O modelo acima apresentado (Figura 1) tem como objetivo apresentar todos os valores que entram no cálculo do IEOG, apresentar o próprio valor e dar a noção como a FA se está a comportar operacionalmente em relação ao estipulado. Antes de ser efetuada a descrição do modelo, importa salientar que o mesmo não é limitado ao número de elementos operacionais em voga nem ao número atual de Unidades Aéreas que o compõem. Tanto o modelo como as lógicas de cálculo que o compõem são passíveis de ser atualizadas, ou seja, são sistemas dinâmicos.

A descrição do modelo apresentado (figura 1) é a seguinte: UA – Sistemas de Armas que exercem funções na FA; Frota – Descrição das aeronaves que compõem as respetivas UA's; IEO UA – Índice de Eficácia Operacional referente a cada UA; HVP – Horas de Voo Planeadas; APP – Aeronaves Prontas Planeadas; TQP – Tripulações Qualificadas Planeadas; HVE – Horas de Voo Efetuadas; APE – Aeronaves Prontas Efetuadas; TQE – Tripulações Qualificadas Efetuadas; OHV – Observado de Horas de Voo; OAP – Observado de Aeronaves Prontas; OTQ – Observado de Tripulações Qualificadas; IO – Indicadores Observados; IEOG – Índice de Eficácia Operacional Global.



Os valores de HVP, APP e TQP são definidos através das seguintes regras de negócio: as HV para cada UA são definidas pela DIR 04/94; e os valores das tripulações e das aeronaves são definidos pela DIR 03/08. As entidades que lidam com o planeamento e o definem são a Divisão de Operações (DivOPS) do Estado-Maior da Força Aérea Portuguesa (EMFA) e todo este planeamento tem em atenção a Missão das UA's que se encontra definida na DIR 07/07.

Relativamente aos dados efetuados (HVE, APE e TQE), em cada UA existe um oficial de operações responsável pela sua introdução diária no Sistema Integrado de Gestão Operacional (SIGOP) da FA. Todos estes dados têm como *stakeholders* o Comando Aéreo (CA) e o Comando de Instrução e Formação da Força Aérea Portuguesa (CIFFA). Contudo e no caso das aeronaves, estas possuem ainda um terceiro *stakeholder*, o Comando da Logística da Força Aérea Portuguesa (CLAFa), uma vez que este tem responsabilidades na sua manutenção. Por *stakeholders* entenda-se "*Indivíduos, equipas ou organizações com interesse ou preocupações relativas ao sistema.*" [4].

De seguida serão apresentadas todas as lógicas de cálculo que entram no modelo do IEOG e que levam até ao seu cálculo global.

Para conhecer os valores da "% Efetuado/Planeado", é necessário fazer a comparação entre os valores efetuados e os planeados. Essa comparação é feita através da operação matemática da "Divisão" e é apresentada sob forma de percentagem. A partir deste ponto, os números são representados sob a forma percentual uma vez que este tipo de representação é mais vantajoso na comparação relativa global de valores do mesmo referencial. Tendo como exemplo a UA101, será mostrada agora a forma como se calcula o rácio de OHV, OAP e OTQ:

$$\% \text{ OHV}_{101} = \frac{\text{HVE}_{101}}{\text{HVP}_{101}} \times 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ OAP}_{101} = \frac{\text{APE}_{101}}{\text{APP}_{101}} \times 100 \quad (2)$$

$$\% \text{ OTQ}_{101} = \frac{\text{TQE}_{101}}{\text{TQP}_{101}} \times 100 \quad (3)$$

O raciocínio aplicado nestas fórmulas (1), (2) e (3) é o mesmo para as outras UA's.

Conhecidos os valores do rácio efetuado vs planeado para cada componente e para cada UA é tempo de calcular os valores globais de cada componente operacional. Estes são, simplesmente, as suas médias tal como nos mostram as lógicas seguintes ((4), (5) e (6)):

$$\% \text{ Média OHV} = \frac{\sum_{i=1}^{12} (\% \text{ OHV\_UA})_i}{12} \quad (4)$$

$$\% \text{ Média OAP} = \frac{\sum_{i=1}^{12} (\% \text{ OAP\_UA})_i}{12} \quad (5)$$

$$\% \text{ Média OTQ} = \frac{\sum_{i=1}^{12} (\% \text{ OTQ\_UA})_i}{12} \quad (6)$$

Em que:

- "i" é referente ao número de UA's existentes na FA e que entram na sua operação;
- "12" é, atualmente, o número total de UA's que compõem a FA;

$$\begin{aligned} \bullet \sum_{i=1}^{12} (\% \text{ OHV\_UA})_i = & \% \text{ OHV\_UA101} + \% \text{ OHV\_UA103} + \% \text{ OHV\_UA201} + \\ & \% \text{ OHV\_UA301} + \% \text{ OHV\_UA401} + \% \text{ OHV\_UA501} + \\ & \% \text{ OHV\_UA502} + \% \text{ OHV\_UA504} + \% \text{ OHV\_UA552} + \\ & \% \text{ OHV\_UA601} + \% \text{ OHV\_UA751} + \% \text{ OHV\_UA752} \quad (7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \sum_{i=1}^{12} (\% \text{ OAP\_UA})_i = & \% \text{ OAP\_UA101} + \% \text{ OAP\_UA103} + \% \text{ OAP\_UA201} + \\ & \% \text{ OAP\_UA301} + \% \text{ OAP\_UA401} + \% \text{ OAP\_UA501} + \\ & \% \text{ OAP\_UA502} + \% \text{ OAP\_UA504} + \% \text{ OAP\_UA552} + \\ & \% \text{ OAP\_UA601} + \% \text{ OAP\_UA751} + \% \text{ OAP\_UA752} \quad (8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \sum_{i=1}^{12} (\% \text{ OTQ\_UA})_i = & \% \text{ OTQ\_UA101} + \% \text{ OTQ\_UA103} + \% \text{ OTQ\_UA201} + \\ & \% \text{ OTQ\_UA301} + \% \text{ OTQ\_UA401} + \% \text{ OTQ\_UA501} + \\ & \% \text{ OTQ\_UA502} + \% \text{ OTQ\_UA504} + \% \text{ OTQ\_UA552} + \\ & \% \text{ OTQ\_UA601} + \% \text{ OTQ\_UA751} + \% \text{ OTQ\_UA752} \quad (9) \end{aligned}$$

Assim que se conhecem os valores globais de cada componente operacional, sabendo que são fulcrais, entram na lógica de cálculo do IEOG e considerando a sua relação de interdependência é, então, possível calcular o IEOG de um qualquer sistema ou, neste caso, da FA. O cálculo é feito através da seguinte lógica:

$$\text{IEOG} = \text{Média OHV} \times \text{Média OAP} \times \text{Média OTQ} \quad (10)$$

Salienta-se que este cálculo é feito sem os valores das médias de cada componente operacional estarem sob a forma de percentagem. Contudo, para passar à forma percentual

tem que se multiplicar o valor obtido como IEOG por “100”. Do mesmo modo que se calcula o IEOG é também possível calcular o Índice de Eficácia Operacional (IEO) de uma qualquer UA. Tendo a UA101 novamente como exemplo:

$$\text{IEO}_{101} = \text{OHV}_{101} \times \text{OAP}_{101} \times \text{OTQ}_{101} \quad (11)$$

Para finalizar o modelo apresentado (figura 1) resta apresentar os cálculos dos valores totais do planeamento e da execução, em cada componente operacional:

- Valores Totais do Planeamento das HV, das Aeronaves e Tripulações, respetivamente:

$$\begin{aligned} \text{Total HVP} &= \sum (\text{HVP\_UA})_i \\ \text{Total APP} &= \sum (\text{APP\_UA})_i \\ \text{Total TQP} &= \sum (\text{TQP\_UA})_i \end{aligned} \quad (12), (13), (14)$$

- Valores Totais da Execução das HV, das Aeronaves e Tripulações, respetivamente:

$$\begin{aligned} \text{Total de Média HVE} &= \sum (\text{HVE\_UA})_i \\ \text{Total de Média APE} &= \sum (\text{APE\_UA})_i \\ \text{Total de Média TQE} &= \sum (\text{TQE\_UA})_i \end{aligned} \quad (15), (16), (17)$$

### 3.2 Escala do IEOG

Como matéria complementar foi desenvolvida uma escala qualitativa e quantitativa. O valor obtido como IEOG assenta numa referência (Ref (IP)) pela qual a organização se guia em cada vetor/componente operacional e que tem o valor de 1. Esse valor é sinónimo de que a ação que se está a executar é exatamente o que havia sido planeado (Execução = Planeamento). “IP” é sigla de “Indicador Padrão”. Esta referência é depois comparada com o valor de execução observado (Real (IO)). “IO” é sigla de “Indicador Observado” e esta designação é referente aos valores globais de cada componente operacional, são os valores realmente observados. Existem ainda cinco intervalos de percentagem criados com os seus respetivos níveis de qualidade e de performance [11].

### 3.3 Validação do Modelo Proposto

A validação do modelo apresentado foi feita pela DivOPS através da sua implementação na área operacional da FA. Salienta-se que a DivOPS já possuía um protótipo experimental neste âmbito, contudo, pretende-se reforçar a importância da utilização desta ferramenta como instrumento do *cockpit* organizacional e ser o suporte teórico para que a mesma seja aprovada e implementada na FA.

Relativamente à utilização combinada desta ferramenta com o *dashboard* operacional, os dados disponibilizados pela DivOPS revelam uma melhoria no rácio executado/planeado de acordo com o seguinte:

- No ano de 2007, o cumprimento do RE situava-se nos 85%. Após o começo da sua utilização experimental, em 2009, o cumprimento do RE foi de 94,5%, em 2010 subiu para os 97,9% e no ano de 2011 já atingia a marca dos 99,4%;
- A taxa de cumprimento da prontidão das Aeronaves aumentou de 58% em 2007 para 72% em 2008/2009, 76,9% em 2010 e 84,5% em 2011;
- A componente das Tripulações foi também melhorada da forma seguinte: em 2007 75% das tripulações foram qualificadas, em 2008/2009 o número decresceu para os 61% aumentando para os 75% em 2010 e para os 98,3% em 2011;
- Outro ponto importante é o IEOG da FA. A Organização no final do ano de 2010 possuía um índice de 76% e no final de 2011 esse valor subiu para os 84,5%.

Estes valores, retirados da atividade aérea nos referidos períodos de tempo, consolidam a ideia que a implementação e a correta utilização desta ferramenta de *cockpit* organizacional conduzem a FA a um ciclo de melhoria contínua. Dado que a matéria desenvolvida já havia sido utilizada experimentalmente e que daí se obtiveram resultados concretos e evolutivos, valida-se assim a lógica de cálculo do IEOG, o seu modelo e respetiva escala, podendo proceder-se à conclusão que o objetivo do trabalho foi atingido.

#### 4. CONCLUSÃO

A determinação do Índice de Eficácia Operacional Global (IEOG) de uma organização é algo fundamental, incluindo na própria Força Aérea Portuguesa. Assim, o presente artigo aborda o referido tema, a sua fundamentação teórica e a lógica de cálculo do IEOG aplicável à FA.

Para tal, calculou-se o IEOG considerando-se os valores globais dos três elementos operacionais: Missão, Aeronaves e Tripulações.

Tanto o modelo do IEOG como a sua lógica de cálculo são sistemas dinâmicos, ou seja, não são limitados ao atual número de UA's e componentes operacionais existentes na FA. Caso seja necessário adicionar uma nova UA ou componente operacional, estes sistemas podem ser atualizados.

A implementação do modelo de IEOG e da sua lógica de cálculo global na FA traz benefícios à organização:

- i) possibilita a correção e a maximização da eficácia;
- ii) facilita deteção de problemas na área operacional;
- iii) promove um planeamento melhor e constantemente corrigido, envolvendo assim a organização num ciclo de aperfeiçoamento contínuo;

- iv) ajusta as ações a executar e adapta a FA ao contexto atual em que vive;
- v) possibilita *tirar* a fotografia exata da operação da FA;
- vi) contribui para uma melhor gestão e controlo;
- vi) melhora o processo de tomada de decisão fundamentando-o melhor e tornando-o mais célere;
- vii) fomenta a cultura organizacional, a responsabilidade, a disciplina, o espírito de missão e a motivação;
- viii) aumenta o *self-awareness*, pois a organização adquire o conhecimento do seu desempenho operacional, do desempenho dos seus elementos constituintes (UA's) e, em simultâneo, também aquelas ficam a saber qual foi o seu papel na eficácia global da organização.

Face aos dados recolhidos durante a realização desta investigação, conclui-se também que um IEOG permite à Organização ser eficiente de duas formas, a saber, permite perspetivar/planear para além dos objetivos com os atuais recursos e, atingir os mesmos objetivos mas reduzindo os mesmos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FRANCISCO, Alberto: Entrevista para dissertação de mestrado com o título: “Desenvolvimento do Índice de Eficácia de um Subsistema Organizacional como Instrumento de Cockpit Organizacional”; EMFA; DivOPS; 24 de novembro de 2011.
- [2] DRUCKER, Peter (2006): **The Effective Executive: The Definitive Guide to Guetting the Right Things Done**; New York: Collins; ISBN: 0060833459.
- [3] VICENTE, David: **Towards Organizational Self-awareness: A Methodological Approach to Capture and Represent Individual and Inter-Personal Work Practices**; Dissertação para obtenção do Grau de Mestre; Instituto Superior Técnico; Lisboa; 2007.
- [4] PÁSCOA, Carlos (2010): **Academia da Força Aérea Portuguesa e Engenharia Organizacional, Lição Inaugural 2010/11**; Academia da Força Aérea Portuguesa Portuguesa; Departamento de Ensino Universitário; Sintra, Portugal.
- [5] BUSINESS RULES GROUP (BRG): **The Business Model: Business Governance in a Volatile World**; Versão 1.3; setembro de 2007.
- [6] KAPLAN, Robert; NORTON, David: **The Balanced Scorecard: Measures That Drive Performance**; Harvard Business Review; January–February 1992; p. 71–79; Harvard; England; 1992.
- [7] TRIBOLET, José (2005): **Organizações, Pessoas, Processos e Conhecimento: Da Reificação do Ser Humano como Componente do Conhecimento à “Consciência de Si” Organizacional**, Chapter in Sistemas de Informação Organizacionais, Nov 2005, Edições Sílabo - Ed. L. Amaral.
- [8] MANGAS, Pedro; PÁSCOA, Carlos; TRIBOLET, José: **Análise do Regime de Esforço: Componentes e Aplicação**; Dissertação para obtenção do Grau de Mestre; Departamento de Ensino Universitário; Academia da Força Aérea Portuguesa; Sintra; 2011.
- [9] RODRIGUES, Mauricio; PÁSCOA, Carlos; TRIBOLET, José: **Identificação dos Indicadores de Apoio à Decisão de Natureza Estratégica**. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre; Departamento de Ensino Universitário; Academia da Força Aérea Portuguesa; Sintra; 2010.
- [10] MOREIRA, Marco; PÁSCOA, Carlos; TRIBOLET, José: **Desenvolvimento do Índice de Eficácia de um Subsistema Organizacional como Instrumento de Cockpit Organizacional**. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre; Departamento de Ensino Universitário; Academia da Força Aérea Portuguesa; Sintra; 2012.
- [11] ARMSTRONG, Michael: **Armstrong's Handbook of Performance Management: An evidence-based guide to delivering high performance**; 4th Edition; Kogan Page; London, England, 2009.

# A imagem da Força Aérea Portuguesa no contexto de Operações Baseadas em Efeitos



Autor: Pedro Nunes, Aspirante Aluno do Mestrado  
Integrado na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica  
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

Orientador: Professor Doutor Paulo Cardoso do Amaral  
Faculdade de Ciências Económicas e Empresariais  
Universidade Católica Portuguesa, Lisboa

**Resumo.** Qualquer organização possui uma imagem associada, que é muitas vezes alvo de tratamento mais ou menos favorável por parte da comunicação social nacional e internacional. Neste trabalho são abordados conceitos na ótica da Guerra da Informação (GI), nomeadamente as Operações Baseadas em Efeitos (OBE), em que o processo de investigação se baseia. Passa também por uma exploração de conceitos da área de Relações Públicas (RP) que permite perceber melhor todo o método de comunicação e avaliação do reflexo da imagem da mesma, fornecendo ferramentas essenciais para todo o trabalho. São analisados conteúdos de artigos noticiosos da comunicação social portuguesa, sobre a Força Aérea Portuguesa (FAP), em que foi possível obter uma noção de qual é a imagem transmitida pela esfera mediática. Procede-se também a uma entrevista experimental, onde foi testada a influência direta de determinados artigos noticiosos. Por fim, uma fase de inquéritos, que apresentou um reflexo semelhante à imagem alcançada na primeira fase da investigação, analisando assim todo o espectro comunicacional. Tal permite responder a outras perguntas em análise que validam a hipótese inicial.

Depois de analisado todo o processo, conclui-se que é possível retirar proveito do uso da imagem da organização, pois esta tem uma influência sobre aqueles em que se reflete, conduzindo a uma alteração positiva das suas atitudes e comportamentos.

**Palavras-chave:** Guerra de Informação, Relações Públicas, Operações Baseadas em Efeitos.

## 1. INTRODUÇÃO

A imagem de uma organização é importante não só para a sua credibilidade, como consequência das suas ações no dia a dia, como tem também impacto em tarefas específicas [1]. A imagem deve ser cuidada e gerida da melhor forma possível, pois o desempenho da organização está-lhe intimamente ligado [1].

Este artigo aborda a imagem da Força Aérea Portuguesa (FAP), sendo motivado pela quantidade de informação existente em relação ao impacto que tem na comunidade em geral.

A posição geoestratégica de Portugal torna-o, cada vez mais, um alvo propício a traficantes das mais variadas mercadorias. Esta realidade é uma preocupação subjacente ao Processo de Barcelona [2], criado pela parceria da União Europeia e por doze países do Mediterrâneo, em que a FAP é *“parte integrante do sistema de forças nacional e tem por missão cooperar, de forma integrada, na defesa militar da República, através da realização de operações aéreas, e na defesa aérea do espaço nacional. Compete-lhe, ainda, satisfazer missões no âmbito dos compromissos internacionais, bem como nas missões de interesse público que especificamente lhe forem consignadas.”*<sup>(1)</sup>. Assim, compete à Força Aérea Portuguesa o desenvolvimento da sua atividade operacional para desempenhar as suas funções.

Neste contexto, a FAP como órgão do Estado integrante das Forças Armadas Portuguesas, é mediatizada através dos mais diversos modos pela comunicação social. Esta mediatização

---

(1) <http://www.emfa.pt/www/organizacao.php?lang=pt&cod=>\*



pode ser negativa se realçar problemas com os equipamentos e aeronaves<sup>(2)</sup>, ou positiva, se dela resultar a divulgação de missões bem-sucedidas<sup>(3)</sup>.

Nesta perspetiva, o presente artigo apresenta o resultado de um estudo onde se tentou apurar, no ambiente organizacional externo onde a FAP opera, a opinião da sociedade portuguesa em relação a si.

O estudo foi efetuado através da realização de inquéritos, entrevistas e análise de conteúdos na comunicação social relativos à Força Aérea Portuguesa, tendo por ponto de partida a seguinte questão:

**É possível beneficiar, a nível organizacional, com o uso da imagem da Força Aérea Portuguesa transmitida pela comunicação social?**

O desenvolvimento do estudo tomou como pressuposto de partida em como a imagem da capacidade de Busca e Salvamento (*Search And Rescue*) da FAP é importante, para o aumento da segurança no uso das rotas marítimas comerciais sob controlo de Portugal. Tal controlo influencia ainda a posição económica do país, ou seja, a imagem da FAP pode também decorrer da sua intervenção no controlo da atividade de narcotráfico e de outras operações ilícitas na Zona Económica Exclusiva.

Paralelamente, considera-se ainda que estas atividades podem ser consideradas como correspondendo a ações de Guerra Assimétrica em que a FAP é alvo de artigos noticiosos por parte da Comunicação Social.

## 2. BREVE REVISÃO DA LITERATURA

Nesta secção traça-se uma panorâmica nos domínios da Guerra de Informação, Operações Baseadas em Efeitos e Relações Públicas, de modo a contextualizar o artigo sobre o tema em apreço.

### 2.1 Guerra de Informação

A Guerra de informação pode ser conceptualizada fazendo-a corresponder a situações de conflito em que, ao contrário do convencional, usando carros de combate, aviões e navios de combate, utilizam novas técnicas e tecnologias originadas pela evolução da sociedade, empregando a Informação como recurso central e precioso [3]. Este conceito, todavia, não é recente pois já Sun Tzu referia que:

*"To fight and conquer in all your battles is not supreme excellence; supreme excellence consists in breaking the enemy's resistance without fighting."*

**Sun Tzu, the Art of War**

---

(2) [http://www.jn.pt/paginainicial/interior.aspx?content\\_id=927039](http://www.jn.pt/paginainicial/interior.aspx?content_id=927039)

(3) [http://www.jn.pt/paginainicial/interior.aspx?content\\_id=698433](http://www.jn.pt/paginainicial/interior.aspx?content_id=698433)

No atual panorama internacional deparamo-nos com um conflito assimétrico, ao invés de batalhas de igual para igual como nos primórdios dos conflitos até à Segunda Guerra Mundial [4].

A diferença está na aplicabilidade dos meios disponíveis hoje em dia, podendo-se falar em Ciberguerra e Guerra Centrada em Rede, onde com outro tipo de recursos se pode ter um efeito igual ou maior que um ataque físico [4].

## 2.2 Operações Baseadas em Efeitos

*“O ser humano reage ao estímulo, vindo de uma interpretação de uma situação, decidindo numa resposta”* [5]

É nesta perspetiva que existe um processo cognitivo previsível do Homem no qual as Operações Baseadas em Efeitos surgem [5]. Quando um efeito físico ou psicológico é necessário que ocorra é então desencadeada uma ação de forma a que tal aconteça [6].

Neste cenário, é necessário moldar propositadamente as interações de todos os *elementos* do sistema conhecido, de forma coordenada, para que a resposta em comportamento individual ou coletivo vá de encontro às necessidades [5]. Por *elemento* entenda-se um aliado, um inimigo ou um neutro, seja num contexto de paz, crise ou guerra.

A abordagem é aplicável nas diversas dimensões de sistemas humanos: grupos, organizações, comunidades, sociedades e sistema internacional. É nesta arena social que todos os elementos interagem e deve-se colocar o ser humano numa posição central [5].

Smith [5] fala da existência de um ciclo de Ação-Reação, que pode ser dividido em cinco grandes elementos, a saber, *Awareness creation; Sense making; Decision making; Execution; Social Influences*.

Para melhor entender alguns destes elementos de ação-reação, considere-se como exemplo uma a missão de busca e salvamento *bem sucedida*.

Essa operação vai desenvolver dados sobre a mesma, estando tal no domínio da informação e do *Awareness Creation*, *aspetos que são absorvidos* e analisados pela comunicação social e transformado em informação.

Essa informação ao ser transmitida, está agora presente no domínio da informação e no domínio cognitivo, passando para o 2º nível: o *Shared Awareness*. Nesta fase, o público vai ler, ouvir e ver as notícias sobre “a missão de Busca e Salvamento” bem sucedida pela Força Aérea Portuguesa.

No domínio do *Sense making* encontramos-nos na perspetiva do público, onde as entrevistas experimentais e os questionários permitem analisar os conhecimentos e atitudes do público, ou seja, o seu *Sense making* face à realização de missões de Busca e Salvamento.

Partindo do princípio em como o público considera que a organização (neste caso a FAP) é eficiente nas missões de Busca e Salvamento, e que possui aeronaves com equipamento adequado para lidar com situações idênticas, então faz sentido prever o julgamento que cada um vai ter para fazer o seu próprio *Decision Making*.

Ou seja, é assim possível perceber o efeito que a operação de busca e salvamento surtiu, nomeadamente em termos do benefício para a Zona Económica Exclusiva de Portugal, a qual ganha reputação de segura, aumentando assim o seu valor para o país.

## 2.3 Relações Públicas

As Relações Públicas (RP), são definidas como “*sendo a gestão de que estabelece e mantém a comunicação, entendimento mútuo, aceitação e cooperação entre uma organização e o seu público*” [7]. Como público podemos falar da população em geral, como também de inimigos e aliados.

Vários autores defendem que as RP são vistas como um meio de persuadir alguém a pensar ou atuar de uma certa forma [8][9]. Surgindo as RP essencialmente para servir os interesses da organização em que estão inseridas [10], são muitas vezes referidas como sinónimo de decepção [11].

As RP são demasiado multifacetadas para serem definidas unicamente como o conceito que as engloba na gestão da comunicação de uma organização com o seu público.

Paralelamente, as RP também podem ser vistas como a prática de lidar com a comunicação social e os seus efeitos na sociedade, com enfoque na comunicação persuasiva através de comunicação para massas (Televisão, rádio e internet, por exemplo) [12].

Um dos grandes papéis das RP, numa organização, é, tal como na Guerra de Informação, possuir superioridade de informação de forma a estar sempre à frente do *inimigo* [13].

## 3. A IMAGEM DA FORÇA AÉREA PORTUGUESA NA COMUNICAÇÃO SOCIAL

Nesta secção sintetizam-se os resultados do estudo sobre análise de conteúdo a uma amostra de notícias sobre a Força Aérea Portuguesa, divulgadas pela comunicação social.

### 3.1 Importância da imagem no âmbito de Guerra de Informação

A Força Aérea Portuguesa como organização militar tem como missão, segundo a sua lei orgânica, participar, de forma integrada, na defesa militar da República. Dentro desta missão integram-se operações específicas, como é o caso da Busca e Salvamento (vulgo SAR) em ambiente marítimo, patrulhamento marítimo e defesa do espaço aéreo.

Neste contexto, importa pois apurar de que forma a sua missão e, em particular, estes tipos de operações chegam ao conhecimento do público através da comunicação social.

Tal avaliação é fundamental, pois permite deduzir se tais elementos permitem criar na sociedade consciencialização das potencialidades da organização, facilitando assim a sua atividade, nomeadamente servindo como efeito persuasivo (ou no limite dissuasor de certas atividades ilícitas ou outras que possam colocar no imediato ou a prazo em causa a segurança do Estado).

### 3.2 Análise de conteúdo da comunicação social

A análise do conteúdo da comunicação social é vital para tentar determinar que tipo de informação tem vindo a ser disponibilizada sobre a Força Aérea Portuguesa. O objetivo é determinar se a mensagem chega ou não aos cidadãos; de que forma é que os afeta; e qual é a informação que é disponibilizada.

Para tanto, após terem sido estabelecidos os critérios de amostragem, foram analisadas cerca de 50 notícias sobre a FAP, produzidas por vários órgãos de comunicação social incluindo

na Internet. Foram usadas como unidades de análise a “palavra”, o “tema”, o “item” e a “personagem”, que foram consideradas importantes por Berelson [14].

Dessa análise, pôde inferir-se que o processo de comunicação realizado pela comunicação social apresenta a Força Aérea Portuguesa com as seguintes características em termos de imagem e conteúdo de informação:

- Apresenta-se junto do cidadão com imagem positiva;
- É associada principalmente a missões de Busca e Salvamento; Apoio Humanitário; Vigilância Marítima; Defesa e Policiamento Aéreo;
- É ligada à intervenção em situações de calamidade, conflito e naufrágios;
- Revela capacidade de coordenação internacional;
- O seu orçamento sofre de contínuas restrições;
- Tem capacidade para operar em condições meteorológicas adversas;
- Opera juntamente com outras organizações, nomeadamente, Marinha, Exército e NATO;
- As aeronaves EH101 Merlin, F-16 Fighting Falcon, C-130 Hercules, C-295M, P-3 Orion e Alouette III são as mais conhecidas;
- As Bases Aéreas n.º 5, 6 e 11 são as que têm maior relevo;
- Está envolvida no transporte de várias entidades, como o CEMFAP, o Ministro da Defesa e o Presidente da República;
- Os pilotos são o grupo profissional de maior visibilidade externa;
- É “capaz” e operacional;
- É uma organização que lida com acidentes, os quais são vistos como sendo raros.

Estas conclusões apoiaram o desenvolvimento dos trabalhos de investigação destinados a avaliar a imagem da Força Aérea Portuguesa, recorrendo ao visionamento de notícias e entrevistas e posteriormente a um inquérito.

### 3.3 Do processo de entrevista

O processo de entrevista envolveu dois grupos, um experimental e outro de controlo.

O grupo experimental foi submetido a um conjunto pré-definido de notícias em forma de vídeo sobre a Força Aérea Portuguesa, nomeadamente sobre várias capacidades e missões, garantindo assim, que os indivíduos possuem a informação pretendida.

As notícias incluíam no essencial missões *bem sucedidas* de busca e salvamento, defesa aérea, transporte humanitário e patrulhamento marítimo, o que correspondeu, na prática, a manipular a variável “notícia”.

O mesmo grupo foi exposto a outras notícias de outras organizações do setor público, completando a *cover story* central sobre a Força Aérea Portuguesa.

Posteriormente, o mesmo grupo foi sujeito a um conjunto de questões previamente estabelecidas, solicitando a sua interpretação de determinadas situações observadas no vídeo, bem como sobre os meios que opera, a estrutura organizativa e missões.

Pelo seu lado, o grupo de controlo foi submetido às mesmas questões, mas sem a manipulação da variável notícia, de forma a poder haver um termo de referência em termos de interpretação da FAP face ao grupo experimental.

Ao analisar as respostas provenientes de cada grupo esta metodologia permitiu tirar as seguintes ilações relativamente à Força Aérea Portuguesa:

- Confrontados previamente com notícias sobre a FAP, os cidadãos aprovam e ficam mais conscientes sobre as missões e responsabilidades da organização, tornando-se mais recetivos para admitirem a sua utilidade e operacionalidade;
- Os cidadãos possuem certo nível de consciencialização sobre o que a FAP faz, opera e onde se localiza, como resultado da intervenção da comunicação social, que por sua vez corresponde com os dados obtidos na análise de conteúdo da comunicação social feita anteriormente;
- A opinião dos participantes é positiva em relação à FAP, destacando-se de entre as demais organizações de serviço público como sendo sofisticada e operacional.

Confirmou-se ainda e, uma vez mais, em como é possível manipular/alterar a opinião dos cidadãos face a determinado assunto, através do uso da comunicação social.

### **3.4 Desenvolvimento do questionário**

Tomando por ponto de partida os resultados da notícias veiculadas nos media e ainda a metodologia de entrevista envolvendo grupo experimental e um de controlo, a análise da imagem da Força Aérea Portuguesa foi completada com a realização de um questionário.

O questionário incidiu sobre questões relacionadas com imagem da Força Aérea Portuguesa na população e destinou-se a encontrar a influência da comunicação social na opinião e atitude dos intervenientes.

Responderam ao questionário 123 pessoas.

Face aos dados obtidos, em síntese retiraram-se as seguintes conclusões:

- A opinião de uma forma generalizada, em relação à Força Aérea Portuguesa é positiva, tanto em termos da sua eficiência, utilidade e equipamento como à sua competência em relação às responsabilidades que lhe dizem respeito;
- O helicóptero Agusta Westland EH101 Merlin associado à missão de busca e salvamento, de uma forma geral, é o que mais agrada aos respondentes.
- As aeronaves da Lockheed Martin, P-3 Orion e C-130 Hercules, também são considerados importantes nas suas missões de patrulhamento marítimo e ajuda humanitária, respetivamente;
- A utilização da aeronave Marcel-Dassault Falcon 50 no transporte de altas individualidades aparece com reservas de apreço. De forma oposta está a missão de transporte de órgãos, a qual é vista como importante para o país.

Também aqui se verificou, como seria de esperar, que é possível influenciar o público através da comunicação social, nas suas atitudes, opiniões ou preferências.

## 4. CONCLUSÃO

O presente artigo aborda o tema da imagem da Força Aérea Portuguesa, tal qual é percebida pelo cidadão.

Resulta de uma investigação que, tendo por base Guerra de Informação e em particular, Operações Baseadas em Efeitos, parte do princípio em como a sua imagem pode reverter a favor do país, em particular em termos económicos em setores onde a Força Aérea Portuguesa opera, i.e., na atividade de vigilância marítima e busca e salvamento.

A metodologia adotada envolveu análise de informação sobre a Força Aérea Portuguesa nos *media*; entrevistas e inquérito.

Desse trabalho, em síntese pode para afirmar-se que o cidadão:

- conhece as missões da Força Aérea Portuguesa;
- identificou quais são para si as aeronaves de maior relevo;
- reconhece a capacidade de intervenção da Força Aérea Portuguesa em termos de cenários de operações, a nível nacional e internacional;
- está ciente de limitações orçamentais;
- a imagem da Força Aérea Portuguesa é positiva e goza de prestígio.

Na ótica da Guerra de Informação e adotando o paradigma da Operações Baseadas em Efeitos é pois recomendável que se monitorize a imagem da Força Aérea Portuguesa, pois tal influencia os cinco elementos relativos a *Awareness creation*; *Sense making*; *Decision making*; *Execution*; *Social Influences*.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PARK, C. Whan; JAWORSKI, Bernard J.; MACLNNIS, Deborah J. – **Strategic Brand Concept – Image Management**, Journal of Marketing, Vol. 50, 1986.
- [2] IP/08/774 – **Processo de Barcelona: União para o Mediterrâneo**, Bruxelas, 20 de maio de 2008.
- [3] NUNES, Paulo F. - **Impacto da novas tecnologias no meio militar**. Revista Militar, 1999.
- [4] MOLANDER, Roger C.; RIDDLE, Andrew S.; WILSON, Peter A. – **Strategic Information Warfare**, RAND, 1996.
- [5] SMITH, E. A. - **Complexity, Networking and effects-based approaches to operations**. The future of command and control. Washington DC - EUA: CCRP Publication Series, 2006.
- [6] GROSSMAN-VERMAAS, Robert. **Discourse of Action: Command, Control, Conflict and the Effects Based Approach**. Directorate of Defence Analysis, National Defense Headquarters, 2004.
- [7] HARLOW, R.F. - **Building a definition of public relations**, Public Relations Review, 1976.
- [8] KITCHEN, P.J. - **Public Relations: Principles and Practice**, London: International Thomson Business Press, 1997.
- [9] CUTLIP, S.M.; CENTER, A.H.; BROOM, G.M. Broom – **Effective Public Relations; 8<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> edition**. Upper Saddle River, NJ: 2000 e 2006.
- [10] L'ETANG J. – **'Public relations as diplomacy' in Critical Perspectives in Public Relations**, J. L'Etang and M. Pieczka. London: International Thomson Business Press, 1996.
- [11] BOTAN, C.H. e HAZELTON V. - **Public Relations Theory**, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1989.
- [12] MOLONEY, K. - **Rethinking Public Relations: The Spin and the Substance**, London: Routledge, 2000.
- [13] TENCH, Ralph; YEOMANS, Liz – **Exploring Public Relations**, Pentrice Hall, 2009.
- [14] SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, Pilar Batista – **Metodologia de la Investigación**, Traduzido e adaptado por MC Graw Hill, 2006.

# O aprofundamento da integração europeia num contexto de diversidade cultural: algumas ideias-chave



Autor: Tiago Marques, Aspirante Aluno do Mestrado  
Integrado na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica  
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

Orientadora: Professora Doutora Carla Guapo Costa  
Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas, Lisboa



**Resumo.** Perante uma Europa que quer continuar a permanecer como importante ator na esfera mundial, o recurso a mão de obra estrangeira, parece ser cada vez mais um caminho inexorável, fundamentalmente face à demografia que afeta o espaço europeu. No traçar deste percurso visualizam-se vários obstáculos que a crise da dívida soberana europeia fez questão de despertar. Esta mesma crise veio relembra as muitas assimetrias entre os Estados-Membros, onde entre elas, destacamos a cultural. Ainda que remando grande parte do tempo em prol de um caminho comum, salienta-se uma Europa heterogénea entre si, onde as decisões são tomadas num contexto de diferentes necessidades dos vários Estados-Membros. Numa era de globalização, com uma matriz bem identificada ao nível de desafios e riscos, observa-se um aumento de movimentos migratórios, passível de um potencial agravamento das diferenças culturais. Neste artigo reflete-se de forma breve sobre diversidades culturais e sobre a defesa dos interesses de cada Estado-Membro, numa ótica de compreensão das políticas comuns que perspetivem uma melhor integração face às futuras necessidades de maiores fluxos de imigração, os quais dispõem, mais do que nunca, de mecanismos facilitadores na procura de novas oportunidades no mercado global e que são caracterizados por dissemelhança cultural.

**Palavras-chave:** Crise da Dívida Soberana Europeia, Diversidade Cultural, Migrações, Programas Comunitários, União Económica e Monetária

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL

O tema aborda a atual crise da dívida soberana europeia, a qual foi precipitada pela crise dos Estados Unidos da América (EUA) aquando da falência do banco “Lehman Brothers”, e evidencia de que modo se expôs as diferenças culturais e ideológicas dos diversos Estados-Membros (EM), levando ao condicionamento da adoção de políticas comuns no quadro da integração europeia.

Neste contexto, procurou-se estudar como poderão ser incrementados processos de maior tolerância e aceitação, tendo em conta as diferentes realidades dos Estados, procurando melhores condições de integração de novos e maiores fluxos migratórios caracterizados por uma evidente diversidade cultural. Estes fluxos migratórios resultam da necessidade de possuir na Europa maiores quantidades de mão de obra estrangeira de baixo custo, para poder continuar a competir na cena internacional como uma grande potência económica, política e multicultural.

Desta forma, sabendo que *“A crise atual revela a completa incapacidade das classes predominantes europeias, se integrarem na Europa de uma forma pacífica e progressiva”* [1] é inevitável a pergunta:

*Será a UE capaz de conceber/reestruturar políticas comuns que lhe permitam gerir a crescente diversidade cultural, quer entre os Estados-Membros, quer face a fluxos migratórios externos?*

Face à dúvida acima, o projeto político Europeu não pode ignorar o pluralismo traduzido pelas dissemelhanças linguísticas, culturais, institucionais e tradicionais expressas nos diversos países.

Importa ainda refletir se dentro do mesmo espaço geopolítico as divergências culturais, que não sendo tão acentuadas como noutros países fora da UE, serviram para questionar o futuro comum, o que se poderá dizer relativamente às necessidades de trabalhadores que conduzirão à entrada de maiores contingentes imigratórios com ideais e culturas bem mais diferenciadas das dos EM.

Adicionalmente, surge ainda como questão se não deverá a UE antecipar-se a esses movimentos e criar políticas no sentido de uma melhor integração dessas divergências ou os movimentos migratórios.

## 2. A EUROPA FACE À GLOBALIZAÇÃO DOS MOVIMENTOS MIGRATÓRIOS

A globalização é um processo *“de transformação do fenómeno local em global, é um processo pelo qual as pessoas do mundo se encontram numa sociedade única e funcionam em conjunto”* [2], cujo resultado tem sido convertido em mais trocas comerciais, fora das fronteiras de cada país, assim como uma maior mobilidade de pessoas, do capital e de ideias.

Neste cenário, o número de imigrantes mundiais continua a aumentar, sendo que o número de imigrantes na Europa acompanha este registo.

Estima-se que até ao ano de 2020 a quantidade de idosos europeus que recebem pensões públicas e cuidados de saúde irá aumentar em cerca de três por cento por ano, enquanto o número de europeus em idade ativa diminua em cerca de um por cento por ano.

O envelhecimento da população é resultado de três variáveis, a saber:

- a estrutura da população existente,
- a baixa fertilidade comparativamente aos níveis de substituição,
- o aumento da esperança média de vida.

Para compensar esta realidade o recurso a mão de obra externa pode ser uma solução, facilitada pela globalização, completada ou não com a aplicação de políticas que consigam atrair novos movimentos migratórios, oriundos de países não pertencentes à UE, quer ao nível de trabalhadores qualificados, quer em termos de trabalhos que exijam menores qualificações.

A UE no seu desenrolar histórico tem atraído ao longo dos anos milhões de imigrantes. De fato, os movimentos migratórios *“são tanto uma oportunidade como um desafio para a Europa. Os imigrantes legais são necessários para preencher as lacunas da força trabalhadora da UE, na medida em que a população da UE fica mais velha e a sua taxa de natalidade diminui”* [3].

Em 2010, de acordo com o Eurostat, existiam 20 milhões de imigrantes na Europa, provenientes de países que não pertenciam à UE, representando cerca de 4% da população total da UE.

Atualmente, quase todos os países pertencentes à UE tornaram-se um magneto para os imigrantes, atraindo pessoas de outros países, com a sua prosperidade e estabilidade política.

O grande desafio atual reside, todavia, em encontrar formas que beneficiem no plano económico tanto a UE como os imigrantes e os seus respetivos países de origem, não pondo em causa os valores sociais e culturais de ambos os intervenientes, ou seja, *“o desafio é assegurar*

*que a imigração nos beneficia a todos – cidadãos e sociedade da UE, imigrantes e suas famílias e, tanto quanto possível, os seus países de origem [3]"*

De acordo com Jacques Barrot, Vice-Presidente da Comissão responsável pela Justiça, Liberdade e Segurança, *"a imigração representa uma oportunidade e um desafio para a União Europeia: bem gerida, constitui uma riqueza para as nossas sociedades e as nossas economias"*.

A Europa encerra uma grande riqueza humana e tem importante papel a nível mundial. Concretamente, desde há muito que a União Europeia reconheceu a sua natureza dupla; cultural e económica, dos bens e serviços culturais, e previu no Tratado que institui a Comunidade Europeia que este tivesse em conta os aspetos culturais no conjunto da sua ação.

A Europa tem orgulho na sua diversidade cultural, que se reflete em domínios como a língua, a literatura, o teatro, o cinema, a dança, o audiovisual, as artes plásticas, a arquitetura ou o artesanato.

Neste contexto, realça-se o artigo 2 da Declaração Universal sobre a diversidade cultural, onde se faz notar que nas *"sociedades cada vez mais diversificadas, torna-se indispensável garantir uma interação harmoniosa entre pessoas e grupos com identidades culturais a um só tempo plurais, variadas e dinâmicas, assim como sua vontade de conviver. As políticas que favoreçam a inclusão e a participação de todos os cidadãos garantem a coesão social, a vitalidade da sociedade civil e a paz. Definido desta maneira, o pluralismo cultural constitui a resposta política à realidade da diversidade cultural. Inseparável de um contexto democrático, o pluralismo cultural é propício aos intercâmbios culturais e ao desenvolvimento das capacidades criadoras que alimentam a vida pública"*.

Como corolário do anterior, o respeito pela diversidade de culturas, pela tolerância, pelo diálogo e pela cooperação, quando testados num clima de confiança e de entendimento mútuo, está entre as melhores garantias de paz e de segurança internacional.

Ao invés e, por outro lado, se esquecidos estes fundamentos sobre a diversidade cultural, os cidadãos (ler imigrantes) tornam-se "bode expiatório" na explicação de alguns aspetos de situações de crise social, económica, etc.

### **3. A CRISE DA DÍVIDA SOBERANA EUROPEIA VS DIFERENÇAS DE CULTURA POLÍTICA ENTRE OS ESTADOS-MEMBROS**

#### **3.1 Das divergências de política económica**

O início da crise mundial, que começou por ser financeira, mas que se transformou em económica, resultou da conjunção de múltiplas causas. Esta crise provou que o sistema global financeiro é altamente independente entre si, levando a que um problema que ocorra numa parte do mundo ecoe em qualquer outro lugar, aumentando o risco de contágio e a possibilidade de colapso da atividade económica local e à distância.

Em 2008 o Comité da Notre Europe constatou que *"a crise atual do mundo económico é a mais séria para a Europa desde a Segunda Guerra Mundial"* [4]. A presente crise realçou o fato da UE ser uma zona marcada por diferentes assimetrias entre os países que a constituem formando um espaço bastante desigual entre os vários países membros.

Na UE *"verifica-se uma heterogeneidade muito significativa entre os países membros e, principalmente, entre as regiões que o compõem. De um grupo inicial de seis Estados membros, nos anos 1950, homogêneos, com exceção do sul de Itália, em termos de desenvolvimento económico, a União tem vindo a evoluir para um conjunto de países e regiões diferenciadas, no que concerne os níveis de desenvolvimento económico"* [5].

*"As diferenças entre os países passaram despercebidas em momentos de crescimento económico, como aconteceu com os primeiros anos de vida do euro, mesmo com a constante valorização do euro a minar a competitividade da zona no seu conjunto, a emergência da crise global mostrou as dificuldades estruturais em definir políticas económicas comuns para realidades com necessidades e objetivos diferentes"* [6].

Segundo dados extraídos de "Global Finance", em 1992 os países que constituem o acrónimo "PIGS" (Portugal, Itália, Grécia e Espanha) possuíam um défice orçamental relativamente ao PIB de -4.2%; -10.4%; -10.9% e -4% respetivamente, o que perfaz uma média de - 7.4%.

Este valor situa-se longe da média europeia de -5.1%.

Nesse mesmo ano, países como a Alemanha, Luxemburgo, Áustria, França e Holanda apresentavam valores de défice orçamental entre -0.2% e -4,5%. Entre 1992 e 1999, os "PIGS" tiveram valores máximos relativos ao défice orçamental de -7.5%; -10,4%; -11.9% e -7.3%. Em 1995, a dívida pública expressa em percentagem do PIB nos "PIGS" era de 69%; 123%; 101% e 69% respetivamente, traduzindo-se uma média de 90.5% para o conjunto destes países. A média europeia deste indicador era de 75%.

Inevitavelmente, estas diferenças de indicadores económico-financeiros refletem formas diferentes de encarar a condução das principais políticas económicas entre estes Estados.

Com a entrada em vigor dos critérios de convergência, que tinham por propósito a necessidade de corrigir algumas das diferenças acima referidas e de preparar os países da zona euro rumo à União Económica e Monetária (UEM) e à entrada em circulação da moeda comum, foi conseguido o *afunilamento* de alguns desses indicadores entre os países que constituem este conjunto.

Passados cerca de 20 anos, em plena crise, essas diferenças tornam-se mais salientes e demonstram que o comportamento dos países foi diferente ao longo do tempo, mas que a verdadeira natureza cultural dos Estados, ainda que camuflada pelos critérios de convergência, não deixou de existir. A assimetria mais forte que a presente crise despertou prende-se com a divisão entre as regiões norte e sul.

No desenrolar da crise da dívida soberana europeia e respetivas tentativas na elaboração de políticas que atenuem e consigam estimular este espaço levando a ultrapassar esta crise, observa-se uma Europa que parece ter divergido dos princípios de solidariedade que tiveram na base da EU.

Neste contexto, realça-se que *"A posição alemã tem sido de difícil compreensão para os países que estão a passar por dificuldades orçamentais, que acusam as autoridades germânicas de falta de solidariedade. Tais posições são parcialmente, verdadeiras. A Alemanha poderia ter demonstrado uma maior compreensão perante as fragilidades de vários países, com estruturas produtivas e financeiras muito mais débeis do que as suas, em resistir aos ataques especulativos. (...) Esta Alemanha é (...) mais consciente dos seus créditos e mais valias. Já não tem que prestar*

*contas a ninguém, já pagou todas as suas dívidas, e agora baseia-se no poder da sua economia e na capacidade da sua força de trabalho* "[6].

Durante a condução desta crise, a solidariedade entre os Estados foi ameaçada indo ao desencontro dos princípios europeus. Segundo Sofia Fernandes e Eulalia Rubio, *"há muita confusão no que diz respeito ao significado de solidariedade no contexto da UEM. Enquanto alguns retratam os vários passos desde 2010 como um prova de solidariedade da UE, outros questionam este termo para definir as diversas medidas adotadas até agora, como os pacotes de ajuda, não em termos de motivações altruístas mas por interesse próprio do cálculo"* [7].

Segundo Durkheim, as conceções de solidariedade dividem-se em mecânicas e orgânicas. É neste sentido que se pode afirmar que *"As sociedades modernas, como a UE, são mantidas juntas através de solidariedades orgânicas. Neste tipo, os membros desempenham papéis diferentes mas, como são interdependentes, devem confiar uns nos outros de maneira a que a sociedade possa funcionar eficazmente. Nestas sociedades, a solidariedade é mais funcional do que emocional"* [7].

Perante esta perspetiva, a solidariedade na Europa não é um ato de altruísmo mas um ato racional impulsionado pelo auto interesse.

### **3.2. Dos acontecimentos que questionam o pluralismo europeu**

Em outubro de 2010 a chanceler alemã, Angela Merkel, declarou o óbito ao multiculturalismo, *"a abordagem multicultural falhou, e falhou profundamente (...) o multiculturalismo está morto"* [8].

Em fevereiro de 2011, o primeiro-ministro inglês, David Cameron, chumbou o multiculturalismo, e apelou ao reforço da identidade nacional.

Em outubro de 2011, o Parlamento britânico debateu uma moção que pedia a realização de um referendo sobre a permanência do Reino Unido na UE, tendo 483 deputados votado contra a realização do referendo, enquanto 111 se pronunciaram a favor da consulta.

Em novembro de 2011, o primeiro-ministro grego, George Papandreou, propôs um referendo que esclareceria qual a posição da Grécia dentro do euro, tendo como finalidade a decisão do sim ou do não face ao euro.

De acordo com uma pesquisa feita por Ana Paula Tostes, professora da *Michigan State University*, esta, *"apura uma média geral do crescimento dos votos em partidos de extrema-direita em todas as eleições nacionais ocorridas desde o surgimento destes partidos até o ano de 2008 na Europa ocidental (Portugal, Espanha, Irlanda, Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Itália, Luxemburgo, Reino Unido e Suécia). O resultado é que o crescimento da média de votos em partidos da nova extrema-direita cresceu de 1,36% em eleições do começo da década de 1980 para 7% em eleições de 2008"* [9].

Estes partidos beneficiaram assim do voto de protesto contra a crise.

De acordo com a proposta de resolução do Parlamento Europeu em maio de 2011, sobre as dimensões culturais das ações externas da UE, ficou determinado, no campo da cultura e valores europeus, *"a necessidade de todas as instituições da UE reconhecerem devidamente*

*o valor da cultura como elemento promotor da tolerância e da compreensão e como ferramenta para o crescimento e para sociedades mais inclusivas" e a afirmação de que "os intercâmbios e a cooperação nas áreas da cultura e da educação podem potencialmente fortalecer a sociedade civil, fomentar a democratização e a boa governação, encorajar o desenvolvimento de competências, promover os direitos humanos e as liberdades fundamentais e proporcionar elementos constitutivos de uma cooperação duradoura".*

Deste modo e indo de encontro ao Tratado de Lisboa, foram fundados programas dentro do domínio da aprendizagem ao longo da vida 2007-2013 que promovem o intercâmbio e a cooperação entre cidadãos de diferentes EM.

De entre estes, destacam-se os programas Comenius, Erasmus, Leonardo da Vinci, Grundtvig e Jean Monnet que reconhecem o valor da cultura como elemento promotor da tolerância e da compreensão e como ferramenta para o crescimento em sociedades mais inclusivas.

#### 4. CONCLUSÃO

Este artigo é uma breve reflexão que realça uma UE composta por Estados com significativas diferenças entre si nos mais variados campos, o que reflete formas de estar e culturas que distam muito umas das outras.

Com o despertar da tempestade económica que assolou a Europa, assistimos a uma UE frágil e pouco coesa, onde por vezes se atropelam interesses de EM mais fragilizados com necessidades e objetivos diferentes, em detrimento da vontade das potências mais fortes.

Numa área do globo que se assume como pluralista, a solidificação do apoio a partidos de extrema-direita é preocupante uma vez que estes promovem teorias de conspiração normalmente direcionadas aos estrangeiros ou países estrangeiros.

O presente cenário tirou o véu que cobria alguns dos EM realçando diferenças culturais, mais concretamente no campo da gestão da política económica, revelando uma assimetria entre Estados, nomeadamente, entre os países que não realizaram reformas estruturais e que aumentaram o seu endividamento e os que se opõem a essa abordagem.

A dificuldade que a UE tem evidenciado na resolução da crise das dívidas soberanas da zona europeia ilustra de facto diferentes formas de gerir a diversidade cultural.

Para continuar a competir enquanto grande potência económica e perante os movimentos demográficos que se prevêem, a UE continuará a recorrer inevitavelmente a mão de obra estrangeira, a qual, devido à globalização, detém agora uma maior facilidade de acesso a meios de transporte e comunicação e que trará consigo a sua cultura enraizada, a qual pode representar um choque cultural com a do país de acolhimento.

A UE está ainda longe de ser um espaço homogéneo e a promoção de uma cultura europeia está também distante de se enraizar em todos os cidadãos que no passado e no presente têm vindo a migrar e a fixar-se.

Os esforços europeus, fundamentalmente elaborados com base em novos valores educativos que tentam a promoção de um maior sentido de tolerância e apelam a um maior respeito pela diversidade, são ainda insuficientes.

Contudo, há que salientar que a geração que usufruiu deste novo modelo educacional é ainda jovem e está a inserir-se no mercado de trabalho, pelo que ainda não teve tempo de ocupar posições de liderança e constituir um legado que possibilitará a passagem de testemunho dos novos valores europeus.

Em simultâneo, deparamo-nos com uma autêntica revolução tecnológica que tem permitido a chegada de mais informação a um maior número de pessoas, abrindo as portas ao conhecimento e possibilitando perceber diferentes formas de estar e de pensar levando a um novo sentido de equilíbrio.

Ainda que não conseguindo prever a crescente importância e utilização de redes de comunicação assentes na internet, parece-nos que na ausência de mecanismos reguladores da temática em questão, esta forma informativa, interativa e comunicativa pode vir a fazer muito por um mundo mais tolerante.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] STEINBERG, Stefan, **The Resurgence of Nationalism in the European Union**, Centre for Research on Globalization, [on line], 2010, [Consulta em dezembro 2011 ], Disponível em WWW: <URL <http://www.globalresearch.ca/index.php?context=va&aid=22414>>
- [2] STEARNS, Peter, **Globalization in World History**, Routledge, 2010
- [3] **Europa, O Portal Oficial da União Europeia. European Comission Home Affairs. Towards a common European Union immigration policy** [ Consulta em 20 Fev. 2011 ] Disponível em WWW: <URL:[http://ec.europa.eu/homeaffairs/policies/immigration/immigration\\_intro\\_en.htm](http://ec.europa.eu/homeaffairs/policies/immigration/immigration_intro_en.htm)>
- [4] Notre Europe Steering Committee **"In the face of crisis, there is a need for Europe"**, 2008
- [5] COSTA, Carla - **Temas de Relações Económicas Internacionais**. Edições Coleções Pedagógicas, ISCSP. 2010
- [6] COSTA, Carla – **Crises Financeiras na Economia Mundial**. Edições Almedina. 2010. ISBN 978-972-40-4333-3
- [7] FERNANDES, Sofia e RUBIO, Eulalia – **Solidarity within the Eurozone: how much, what for, for how long?**, Notre Europe, 2012
- [8] RAPOSO, Henrique, **Merkel e o racismo da esquerda**, Expresso, 2010, [Consulta em novembro 2011]. Disponível em WWW:<URL <http://aeiou.expresso.pt/merkel-e-o-racismo-da-esquerda=f610368>>
- [9] TOSTES, Ana Paula. **Razões da intolerância na Europa integrada**. Dados [online]. 2009, vol.52, n.2, pp. 335-376. ISSN 0011-5258. <http://dx.doi.org/10.1590/S0011-52582009000200003>.



# A Crise nos países da zona Euro – Breve reflexão



Autor: Hugo Henrique, Capitão de Administração Aeronáutica  
Curso Básico de Comando, Área de Contexto Nacional/Internacional  
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

**Resumo** Este artigo reflete sobre a crise que assola a zona euro que, começando por ser de origem financeira, expôs um problema estrutural de alguns países exacerbado pelo facto da união monetária não incorporar uma união, política e económica, coerente que permita uma resposta coordenada, preventiva e proactiva. Inclui uma análise da peculiar situação da Grécia, uma apreciação de como esta é apenas um exemplo extremo de um problema europeu mais vasto e uma reflexão sobre medidas possíveis para a recuperação da sustentabilidade e do crescimento que, em simultâneo, contribuam para um reforço da coordenação política, financeira e económica entre os parceiros europeus.

## 1. A CRISE FINANCEIRA DA GRÉCIA E A UNIÃO EUROPEIA - ENQUADRAMENTO

A recente crise financeira da Grécia revelou uma realidade inquietante que se esconde por detrás da retórica comunitária da solidariedade.

Preocupados com a ideia de os contribuintes alemães poderem ser forçados a participar no salvamento da Grécia, alguns deputados de Berlim sugeriram no Parlamento alemão e, mais tarde, em entrevista ao jornal Bild, que *“Atenas vendesse algumas das suas ilhas”*, pois segundo eles, *“esta seria a melhor forma de lidar com a crise”* (noticiava a agência Reuters). Ao mesmo tempo os *media* gregos não cessaram de publicar artigos sobre a ocupação nazi da Grécia no tempo da 2ª guerra mundial e de insistir no facto de a Alemanha dever compensações de guerra à Grécia.

A Alemanha, potência financeira do continente europeu, desde cedo revelou relutância em salvar um país que, como noticiavam os meios de comunicação social, *“tem fama de funcionar com base em despesas excessivas”* e que *“possui uma cultura de evasão fiscal”*.

A crise europeia trouxe ainda à superfície outras divisões. Em meados de março de 2010, Paris e Berlim tiveram uma contenda relacionada com o saldo comercial excedentário da Alemanha face ao resto da União Europeia. A então ministra das Finanças de França, Christine Lagarde, em concreto, sugeriu que os *“consumidores alemães deveriam abrir os cordões à bolsa e comprar mais produtos que o resto da Europa vende”*.

O ministro da Economia da Alemanha, à época Rainer Brüderle, retorquiu que *“no plano político seria compreensível tal argumento, mas que não deixava de ser injusto que países que, no passado, teriam vivido da proteção social e descurado a sua competitividade, apontassem agora o dedo aos outros”*.

Por outro lado, o aprofundamento da integração europeia parece suscitar cada vez mais descrença. Por exemplo no Reino Unido, que manteve a sua própria moeda, os políticos e sobretudo alguma imprensa da ala conservadora, têm referenciado a crise grega como a evidência em como o país se deve manter fora do euro.

Inicialmente, a crise financeira da Grécia ocupou o palco central dos debates políticos e económicos. Contudo, rapidamente se alargou à Irlanda e a Portugal e pode facilmente chegar a Espanha e à Itália.

Embora alguns dos problemas actuais da Grécia tenham sido causados pela recessão global e por especuladores financeiros, a causa para a situação tem fundamentalmente origem interna.

Como divulgado pelos *media*, de forma a poder aderir ao euro, segundo as regras da Comunidade Europeia, o Governo grego declarou um défice orçamental<sup>(1)</sup> de 1,8% do produto interno bruto<sup>(2)</sup> (PIB) em 1999, muito abaixo do limite de 3% definido pelo Tratado de Maastricht. As estatísticas gregas foram, no entanto, apresentadas como sendo pouco credíveis.

Malgrado o relevo que foi dado a essa situação, atualmente ainda não foi possível apurar um valor para o défice orçamental de 1999 (ano usado pela União Europeia para decidir a entrada da Grécia na Zona Euro).

Na verdade, sabe-se hoje que os dados oficiais não apresentavam a fiabilidade desejada, a ponto de o gabinete de estatísticas da União Europeia (Eurostat) sentir-se forçado a expressar « (...) *reservas sobre os dados revelados pela Grécia devido a incertezas significativas nos números revelados pelas autoridades estatísticas gregas*»<sup>(3)</sup>.

Consequentemente, o problema principal não é números, é antes credibilidade. De fato, como relataram os jornalistas do New York Times (Story, Thomas JR, Schwartz; 2010) [13] a manipulação das contas nacionais para tentar ocultar o endividamento do Governo, colocou em causa a credibilidade do país, tanto nos mercados financeiros como junto de outros Estados da zona euro.

Para Krugman<sup>(4)</sup>, os «*problemas da Grécia são claramente graves, porque foram, de facto, irresponsáveis no plano orçamental*». Contudo, refere ainda que «*a Grécia tem uma economia de dimensões modestas e as suas dificuldades só são relevantes porque transbordam para economias maiores*.» (2010: 106) [8].

## 2. A CRISE NA GRÉCIA: UM EXEMPLO EXTREMO DE UM PROBLEMA EUROPEU

Os recentes problemas enfrentados pela Grécia, como refere Roubini<sup>(5)</sup>, «*são apenas a ponta de um icebergue da dívida soberana em muitas economias da União Europeia e em particular da Zona Euro*» (2010a) [11].

A adoção do euro criou a ilusão de um escudo protetor e do fim das dificuldades orçamentais e de financiamento, criando-se a aparência de que, em regime de moeda única, todos os países teriam acesso tendencialmente ilimitado a financiamento externo, pelo que o défice de transações financeiras com o exterior se tornaria irrelevante.

Adicionalmente, com a adoção das regras orçamentais do Pacto de Estabilidade e Crescimento, julgava-se afastado o principal receio existente de que alguns países pudessem

---

(1) O défice orçamental é a diferença entre as receitas e despesas num dado período de tempo (normalmente um ano).

(2) Produto Interno Bruto – Representa a soma, em valores monetários, de todos os bens e serviços finais produzidos numa determinada região (quer sejam países, estados, cidades), durante um período determinado (mês, trimestre, ano, etc).

(3) Dados referidos no «Report on Greek government deficit and debt statistics», de 22 de abril de 2010, obtido em <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/> com tradução da responsabilidade do autor deste documento.

(4) Paul Krugman, 57 anos, é professor de Economia e de Relações Internacionais na Universidade de Princeton. Foi laureado com o Prémio Nobel da Economia e escreve, desde 1999, uma crónica semanal no The New York Times.

(5) Nouriel Roubini é professor de Economia na Stern School of Business, Universidade de Nova Iorque, e chairman da Roubini Global Economics ([www.rgemonitor.com](http://www.rgemonitor.com)), uma consultora global de macroeconomia.

contrair empréstimos excessivos e transmitir aos restantes os custos de juros mais elevados, ou a fatura de um resgate financeiro (*bail-out*)<sup>(6)</sup>.

Com taxas de juro baixas, próximas das praticadas na Alemanha, os pedidos de empréstimo alimentaram o endividamento externo em Portugal e em Espanha, o financiamento dos bancos irlandeses e espanhóis e a valorização imobiliária que ocorreu nestes países, compensando a crescente perda de competitividade externa, com crescimento impulsionado pelo mercado interno.

Treze anos depois do nascimento do euro, à medida que a situação se foi agravando na Grécia, esses receios parecem ter-se tornado, afinal, uma questão política premente.

Tal como na Grécia, as decisões orçamentais da Irlanda, Portugal e Espanha são encaradas com nervosismo. Trata-se de economias que, desde há já uma década, estavam a perder quota de mercado para a China e para os países da Ásia devido às suas exportações de baixo valor acrescentado e com um forte recurso a mão-de-obra, cuja perda de competitividade se encontrava inicialmente camuflada, na referida segurança do euro.

Depois de uma década em que os seus salários aumentaram mais rapidamente do que a produtividade<sup>(7)</sup>, os custos unitários do trabalho aumentaram substancialmente. A consequente perda de competitividade manifestou-se através dum enorme e crescente défice comercial, com o valor das importações a crescer a ritmos muito superiores ao das exportações e duma desaceleração progressiva do crescimento. Para Roubini «(...) *o golpe de misericórdia foi a valorização do euro entre 2002 e 2008.*» (Roubini; 2010a) [11], tornando ainda mais caras e menos competitivas as suas exportações.

Entre 1998 e 2007, os preços da habitação na Irlanda aumentaram cerca de 270% e quase 180% em Espanha. Enquanto os preços da habitação continuavam a subir, os seus proprietários podiam sempre reembolsar os empréstimos anteriores e contrair novas hipotecas, mais elevadas, sobre as suas propriedades, aumentando a sua exposição a crédito bancário e, indiretamente, a mais financiamento externo. Esta atração pelo imobiliário levou a que, em 2007, o setor da construção fosse responsável por cerca de 13% dos postos de trabalho, tanto na Irlanda como em Espanha, um valor sem igual nas economias mais avançadas.

A Espanha, antes da atual crise europeia, era considerada como um modelo no plano orçamental. A sua dívida pública<sup>(8)</sup> correspondia a pouco mais de metade da da Alemanha. Com um orçamento excedentário e uma regulamentação bancária considerada exemplar. No entanto, como refere Krugman (2010: 106) [8] «*com o seu clima quente e as suas praias, a Espanha era também a Flórida da Europa e, como a Flórida, registou uma enorme explosão do imobiliário.*».

O financiamento deste *boom*<sup>(9)</sup> proveio essencialmente do financiamento originado em bancos europeus, em especial nos da Alemanha. O resultado foi um crescimento rápido acompanhado de forte inflação, com os preços dos bens e serviços a crescer 35% entre 2000 e 2008, contrastando com 10% de crescimento observado na Alemanha.

(6) Termo usado na gíria económica para designar: socorro ou apoio financeiro.

(7) A produtividade é definida como a relação entre a produção e os fatores de produção utilizados.

(8) A dívida pública representa o total da dívida que um Estado tem para com terceiros.

(9) Termo usado na gíria económica para definir: crescimento muito rápido.

Devido à subida dos custos de produção (em especial da mão-de-obra e dos bens e serviços produzidos e transacionados internamente), as exportações espanholas tornaram-se cada vez menos competitivas embora, graças ao bom momento do setor imobiliário, o crescimento do emprego continuasse a ser forte.

Quando a bolha imobiliária rebentou recentemente em Espanha, o desemprego subiu em flecha e o orçamento entrou no vermelho, como também foi observado por Krugman (2010: 106) [8], obrigando a maior endividamento externo. Krugman refere ainda que *«Estes défices – causados, por um lado, pela diminuição das receitas provocada pela crise e, por outro, pelas despesas de emergência para limitar os custos humanos da recessão – foram o resultado, e não a causa, dos problemas da Espanha.»*

O crescimento económico da Irlanda, impulsionado pelo ramo imobiliário, causou a admiração do mundo e o epíteto de *Celtic Tiger*<sup>(10)</sup>. Compradores individuais e promotores imobiliários encontravam os bancos dispostos a ceder com facilidade crédito. O preço das casas subiu em flecha, gerando milhões de euros em impostos para o Estado. O ramo imobiliário tornou-se, assim, a corrida ao ouro irlandesa. Como relatou o repórter Fergal Keane num documentário produzido para a BBC (Keane; 2011) [7], quando esta sobrevalorização chegou ao fim, o desemprego, muito dependente do setor da construção, subiu a pique, quase duplicando num ano (ver figura 1); as receitas fiscais diminuíram fortemente, em grande parte porque dependiam das transações do setor imobiliário e a solvência dos bancos irlandeses foi imediatamente questionada devido à enorme desvalorização desses ativos imobiliários. Com receio de uma corrida em massa aos bancos, o Governo irlandês garantiu o pagamento de todas as dívidas destes, anteriormente garantidas pelos ativos imobiliários, comprometendo assim a sua própria solvabilidade e obrigando-se a medidas extremas de contenção orçamental e austeridade.

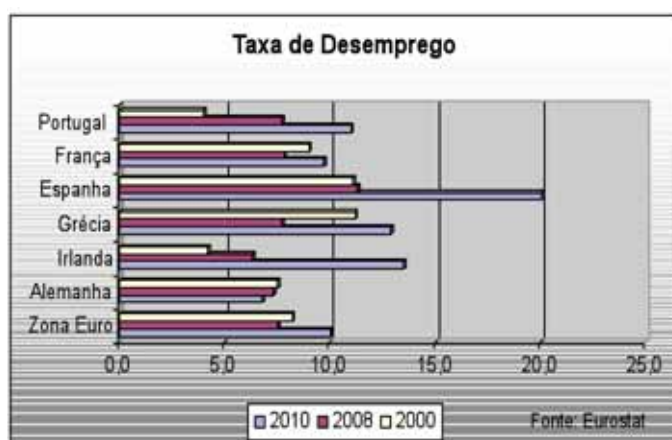


Figura 1: Quadro geral de taxas de desemprego

(10) Termo usado para caracterizar a economia da República da Irlanda durante o período de rápido crescimento entre 1995 e 2007. Refere-se à semelhança da Irlanda aos países asiáticos, Coreia do Sul, Singapura, Hong Kong e Taiwan durante o período de rápido crescimento que os caracterizou em finais da década de 1980 e início da década de 1990.

Entre o final da década de 1990 e 2007, o crescimento económico baseou-se no aumento dos preços dos ativos do setor imobiliário e na redução dos custos com os empréstimos. Esse mecanismo quebrou-se de forma irremediável.

Paralelamente, observando o caso de Portugal nas últimas décadas, vigorou a crença política de que o crescimento económico poderia ser impulsionado pelo mercado interno, com aumentos acentuados do consumo privado, do consumo público e do investimento público.

Estado, famílias e empresas endividaram-se, de algum modo confortados e até estimulados pelo tendencialmente ilimitado, pelo menos assim aparentava, financiamento dos bancos nacionais, os quais obtinham com facilidade no mercado financeiro externo os respetivos fundos.

O endividamento externo de Portugal, que no ano de entrada no euro representava cerca de 31,5% do PIB, passou para 70,4% em 2005 tendo alcançado 108,3% em 2010.

A incapacidade de criar riqueza, que permitisse fazer face às obrigações para com os credores, originou um défice crescentemente insustentável da balança de transações correntes<sup>(11)</sup>.

Com o fraco crescimento da produtividade, não compensando o aumento acentuado dos custos do trabalho, Portugal perdeu competitividade, o que provocou o abandono dos setores de bens transacionáveis, da indústria à agricultura, em que tradicionalmente assentava a economia portuguesa.

Como resultado, na última década, Portugal foi o 3º país do mundo que menos cresceu em termos económicos, só superado pelo Haiti e pela Itália, segundo dados do FMI.

Desta forma, tal como a Grécia, Espanha, Irlanda e Portugal, estão pois, atualmente, confrontados com um duplo problema:

- financeiro, provocado pelos elevados níveis de financiamento, em relação ao exterior, que se questiona se serão sustentáveis;
- económico, face aos desequilíbrios entre a sua capacidade de gerar riqueza e os atuais níveis de despesa, gerando as referidas necessidades de financiamento externo.

Assim, face à breve descrição do atual quadro macroeconómico dos referidos países da zona euro, parece consensual, entre economistas e entre decisores políticos, que todos os respetivos governos (e naturalmente os demais da UE) terão de demonstrar o seu compromisso com a consolidação orçamental, de forma a restabelecer a via do crescimento sustentado.

### 3. PERCORRENDO O CAMINHO PARA A SOLUÇÃO

Após uma maratona de mais de 14 horas de negociação, as autoridades europeias anunciaram na noite de domingo, dia 9 de maio de 2010, dia da Europa, a aprovação de um

---

(11) Registo de todas as entradas e saídas de bens e serviços e das transferências unilaterais entre um dado país e todos os outros. Algebricamente, corresponde à soma de três balanças: a comercial, a de serviços e rendimentos e a de transferências unilaterais.

plano de salvação, denominado pelo Conselho da União Europeia [1] de Mecanismo Europeu de Estabilização Financeira (Conselho da União Europeia; 2010), destinado a garantir a continuidade das finanças da União. Ao todo foram disponibilizados 750 mil milhões de euros.

O pacote de medidas incluía ajuda financeira direta e também garantias de empréstimos. Mas, o mais relevante parecia ser o fato do Banco Central Europeu assumir que iria começar a comprar dívida pública e privada, num passo sem precedentes, à semelhança do que já faziam outros bancos centrais dos países envolvidos. Ainda importante para tranquilizar os investidores, cobriria todas as necessidades de refinanciamento de Portugal, Irlanda, Itália, Grécia e Espanha até 2012.

No dia seguinte, no editorial do El País [3] lia-se «*A União Europeia adotou ontem a mais importante decisão histórica desde a criação do Euro, em 1999: a criação de um mecanismo de assistência financeira aos países da Zona Euro que estejam com dificuldades em reembolsar a dívida*». A decisão «*marca um antes e um depois, na história europeia*», nota ainda o mesmo artigo, e representa «*um gesto decisivo*» que «*lança as bases para reduzir a flagrante assimetria entre uma união monetária quase perfeita e a ausência de integração política*».

O Fundo Monetário Internacional assumiria um papel importante ao financiar 1 euro por cada 2 euros da União Europeia, e lideraria um programa de austeridade a impor aos países que viessem a solicitar financiamentos de emergência.

Mas, como afirmou Hans-Werner Sinn<sup>(12)</sup> (2011) [14], as regras não pareciam totalmente clarificadas, havendo falta de acordo para tornar o mecanismo apresentado permanente, a par dos «*atritos e da descoordenação política*» dos dirigentes políticos europeus, rapidamente ficou enfraquecida a confiança nas medidas apresentadas e se reacenderam as pressões no sentido da criação de um instrumento de assistência que fosse mais ambicioso e mais flexível.

Neste contexto, os primeiros países a recorrer ao mecanismo de estabilização financeira foram a Grécia e mais tarde a Irlanda. Países que, «*ficaram enredados num círculo vicioso de ordem financeira*», considerou Krugman (2011) [9], porque «*à medida que os financiadores perdiam a confiança, as taxas de juro sobre a dívida que esses países tinham que pagar aumentou, o que originou maior perda de confiança e taxas de juro ainda mais elevadas. As nações europeias só conseguiram evitar a implosão imediata abrindo linhas de crédito de emergência para a Grécia e para a Irlanda (...)*». Só que não só as soluções europeias ocorreram tardiamente e «*depois de percursos arrasadores*», como deixaram «*marcas difíceis de sarar*».

Em ambos os casos os dirigentes políticos destes países queixaram-se, principalmente a nível interno perante os seus eleitores, de terem sido intimidados e empurrados pelas grandes potências do continente europeu para esta solução, como relatava um ano depois a jornalista do Süddeutsche Zeitung, Cerstin Gammelin (2011) [5].

Em abril de 2011, também Portugal recorreu ao mecanismo de estabilização financeira.

No dia 26 de outubro de 2011, às 3h55 da madrugada, ao final do primeiro dia de negociações da segunda cimeira, quase 1 ano e meio após a criação do mecanismo de estabilização financeira, o presidente Sarkozy anunciou: «*Chegámos a uma solução duradoura para a crise da Grécia*».

---

(12) Hans-Werner Sinn é professor de Economia e Finanças Públicas na Universidade de Munique e presidente do Instituto alemão IFO.



A decisão apresentada foi a de um perdão equivalente a 50% de toda a dívida da Grécia aos investidores privados. As implicações de tal medida ainda hoje não estão totalmente conhecidas.

Não obstante, tal como em anteriores cimeiras, a maratona de reuniões em que se delineou a solução proposta foi preenchida por percalços e incidentes que ilustram as dificuldades dos dirigentes europeus.

A primeira cimeira, que decorreu entre 21 e 23 de Outubro de 2011, terminou com a exigência de que o acordo contasse com a aprovação dos deputados alemães e com a de David Cameron, primeiro-ministro do Reino Unido, o qual se debatia com a sua própria crise económica, não tendo poupado críticas à moeda única e aproveitou a sua presença nas cimeiras europeias para pressionar, com a exigência da adoção imediata de medidas de assistência à Grécia.

Fez as críticas na sequência do que teria ocorrido uma semana antes, durante a cerimónia de celebração de retirada de Jean-Claude Trichet do Banco Central Europeu, onde Helmut Schmidt, o ex-chanceler alemão de 92 anos que agora é visto como um padrinho do projeto europeu, havia deixado a recomendação: *“uma crise da capacidade de intervenção da política das instituições da UE” seria “um perigo muito maior para o futuro da Europa do que o sobre-endividamento”*.

Pegando nas palavras de Sinn (2011) [14] *«As manobras da União Europeia até podem estabilizar a Europa no curto prazo e ajudá-la a aguentar melhor os atuais ataques especulativos que são lançados sobre a dívida soberana de alguns países membros da Zona Euro, mas no longo prazo arriscam-se a provocar uma desestabilização»*.

A atual conjuntura nos países mais afetados pela atual crise financeira, Grécia, Irlanda, Portugal e Espanha, apresenta várias características de caráter estrutural, de longo prazo e de caráter conjuntural, de curto prazo que se podem materializar em natureza económica, com a estagnação da economia; e natureza financeira, com realce para necessidades crescentes de financiamento (as quais originaram os défices externos dos países em questão).

Porém, para que quaisquer programas de ajustamento sejam bem sucedidos, segundo Roubini (2010b) [12], duas condições devem concretizar-se: *«(...) uma real vontade do país em impor a austeridade orçamental e as reformas estruturais necessárias para a restauração da sustentabilidade e do crescimento; e a injeção significativa de ajudas oficiais a fim de se evitar uma crise que acabará por se concretizar quando a dívida pública e/ou privada de curto prazo chegar à maturidade. Uma reforma sem liquidez não funciona.»*

Isto significa que a austeridade orçamental que imponha cortes nas despesas e que tem, necessariamente, efeitos recessivos, deve ser acompanhada de estímulos à produção, à competitividade e ao dinamismo da economia, que permitam aumentar a produtividade e, portanto, melhorar o potencial de crescimento a longo prazo de um país.

Todavia, os decisores políticos europeus parecem, até agora, focar-se primordialmente nas medidas de ajustamento, as quais têm vindo a corresponder a opções técnicas de austeridade orçamental (ou seja de contenção nas despesas).

Conceptualmente, os efeitos das medidas de austeridade (que levaram, entre outros aspectos, à redução de salários e de contribuições sociais) – como por exemplo cortes na despesa e aumentos de impostos – poderiam ser tecnicamente aliviados através dos mecanismos de política monetária e cambial, como por exemplo a desvalorização da moeda (desvalorização face ao exterior).

Isto porque a desvalorização da moeda torna as exportações mais competitivas, substituindo-se a procura interna que está a ser comprimida pelas medidas de austeridade, pela procura externa. No entanto, dado que os países da zona euro não têm uma moeda nacional para desvalorizar, as alternativas propostas para se conseguir um resultado semelhante envolvem a substituição da desvalorização externa por uma desvalorização interna que implica, para além dos cortes na despesa, cortes nos salários, pensões e outros benefícios de forma a alcançar-se o mesmo ganho: diminuição dos custos.

De fato, os países da zona euro e em especial, a Grécia, Irlanda, Portugal e Espanha, têm demonstrado uma forte determinação para implementar as medidas orçamentais restritivas, mas as condições e o teor dos planos de apoio elaborados para a Grécia, Irlanda e Portugal, com medidas de grande austeridade orçamental que obrigam a cortes na despesa, aumento dos impostos e uma descida dos salários e dos apoios sociais, afiguram-se que não têm sido suficientes para romper o «*círculo vicioso*» da dívida, como podem ainda vir a lançar estes países numa espiral de endividamento: quanto mais os países reduzem salários e custos, mais pesados se tornam os encargos com a dívida, e à medida que o peso da dívida se torna maior, são necessários mais cortes públicos e mais aumentos de impostos. Tudo isto, por sua vez, aumenta a necessidade de uma maior desvalorização interna, que aumenta a dívida, e assim sucessivamente, até à rutura.

Assim, para conseguirem as medidas de consolidação orçamental estruturantes das suas economias, reequilibrando os orçamentos e as necessidades de financiamento para níveis comportáveis, controláveis e sustentáveis, não bastará efetuar cortes na despesa sendo necessário realizar investimento que seja reprodutivo e dinamizador, seja ele proveniente de fontes públicas, privadas ou um misto.

Atualmente a União Europeia dispõe, no âmbito da política de coesão europeia, dos denominados Fundos Estruturais e de Coesão que são um mecanismo de *solidariedade* que permite a entrega aos países menos desenvolvidos de fundos para desenvolvimento regional e assim fomentar o seu crescimento. Estas transferências são importantes porque aceleram a convergência para o padrão de desenvolvimento da Europa – isso se bem aproveitadas.

Mas, evidentemente que estes fundos são insuficientes para poderem ter um papel significativo nos esforços para apoiar a recuperação económica, por não ser essa a sua predestinação. E, se a sua utilização for condicionada a co-financiamento por parte dos países apoiados, pode assistir-se à subutilização dos mesmos, por incapacidade de financiamento dessa componente.

Por outro lado, em resultado dos enormes défices externos, existe um real problema de refinanciamento, pelo que é fundamental *convencer* os mercados financeiros de que os devedores terão o tempo necessário para que o ajustamento resulte.

No imediato as soluções já adotadas até podem ser suficientes para as necessidades de financiamento mais prementes. Todavia, para que as reformas orçamentais e estruturais possam ser efetuadas, sem que o peso da dívida atinja um valor considerado insustentável, tecnicamente parece que é cada vez mais consensual a inevitabilidade da substituição ou reestruturação da dívida desses países. Porque, de fato, elevadas taxas de juro sobre o financiamento ou emissão de dívida, não ajudam um Governo, que acaba de implementar medidas de austeridade, a enfrentar a precária situação do país – ver figura 2.

Neste âmbito, foram já várias propostas apresentadas. Giulio Tremonti, ex-ministro italiano das Finanças, e Jean-Claude Juncker, presidente do Eurogrupo e primeiro-ministro do Luxemburgo, num artigo conjunto publicado em 2010 no *Financial Times* (Juncker e Tremonti; 2010) [6] defenderam a criação de uma agência europeia de dívida, que emitiria dívida equivalente a 40% do PIB de cada Estado-membro, garantido pelos Estados soberanos. As economias em crise trocariam uma parte da sua dívida por euro obrigações.

O Instituto Bruegel, de Jean Pisani-Ferry [10] <sup>(13)</sup>, propõe uma ideia semelhante ao sugerir a europeização de 60% da dívida soberana. Para Barry Eichengreen [2] <sup>(14)</sup>, um passo intermédio e de mais simples aplicação seria a criação de uma espécie de euro obrigações internas para facilitar a reestruturação da dívida dos países e a sua troca por dívida a longo prazo e, com o mesmo propósito, reduzir o custo dos juros de financiamento.

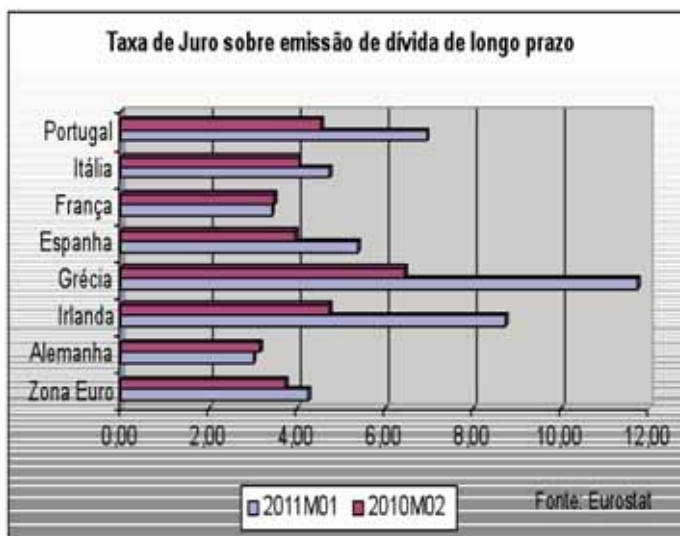


Figura 2: Quadro geral de taxas de juro sobre a dívida [4]

Estas propostas de conversão da dívida dos países em crise num mecanismo de tipo *dívida europeia*, poderia transformar a dívida a longo prazo, reduzindo de imediato o custo dos juros de financiamento.

Não se tratando de perdão das dívidas desses países, tecnicamente tal permitiria a sua reestruturação, para que os ganhos das medidas de consolidação orçamental não fossem consumidos unicamente no pagamento dos juros da dívida.

Desta forma, seria possível garantir a aplicação de medidas de consolidação orçamental a médio e longo prazos, acompanhadas de estímulos adicionais de curto prazo.

Contudo, para que estas reformas sejam verdadeiramente estruturantes, seria sempre necessário garantir uma verdadeira coordenação das políticas macroeconómicas, promovendo-se

(13) Jean Pisani-Ferry é diretor do Bruegel, o grupo de especialistas de economia e de política da União Europeia sediado em Bruxelas, é professor de Economia na Universidade de Paris-Dauphine e é membro do Conselho de Análise Económica do primeiro-ministro francês.

(14) Barry Eichengreen é professor de Economia e Ciência Política na Universidade da Califórnia, Berkeley.

o alcance de compromissos comuns de convergência social e económica, e, principalmente, a definição de um fio condutor de uma construção europeia cooperante.

## 6. CONCLUSÃO

O presente artigo constitui uma breve reflexão sobre a natureza da crise financeira que tem vindo a assolar a Europa bem como sobre as várias opções que tecnicamente se podem colocar aos decisores.

Nele destaca-se, pela importância que atualmente assume, o “*problema*” grego. A dimensão e a complexidade económico-financeira da situação grega (a qual passa também na sua génese nas estatísticas orçamentais que foram consideradas de reduzida credibilidade) despertou e continua a despertar receios profundos, acentuados pela incerteza, no topo dos quais está a de outros países da União Europeia poderem de ter de suportar financeiramente a situação, com os *media* a difundirem a mensagem de que a Alemanha não pretende tornar-se numa espécie de multibanco da Europa.

Paralelamente, a crise financeira da Grécia parece ainda ser um exemplo extremo de um problema europeu mais vasto. De certa forma pode argumentar-se que os défices excessivos e o agravamento da dívida soberana desses países poderão também ser uma consequência dos mecanismos de proteção social aos cidadãos em termos de emprego/despedimentos, segurança social, segurança na doença etc, o que significa que tal decorre de certa forma das opções relativas à existência de subsídios e de outras transferências sociais dos Estados.

Como, em nenhuma parte da Europa os eleitores parecem ser a favor da supressão destes programas, dos serviços públicos de saúde e de outros essenciais, parece que a Europa vai ter de passar por reformas estruturais que permitam manter o modelo social europeu.

A crise expõe ainda um problema estrutural da zona euro: o fato da união monetária não incorporar uma união política, económica e financeira com mecanismos de monitorização e atuação preventivos e proactivos.

Esta falta de sintonia ao nível das políticas levou a uma dinâmica de divergências entre os Estados-Membros, não parecendo que atualmente haja qualquer mecanismo para as corrigir ou atenuar. Estas discrepâncias, por sua vez, contribuíram fortemente para as divergências orçamentais que alimentaram a crise financeira, não só pela debilidade das decisões, mas também pela fragilidade percecionada na retórica dos decisores europeus.

No imediato, as soluções já adotadas (o Mecanismo Europeu de Estabilização Financeira e o perdão parcial de dívida à Grécia) são aparentemente suficientes para cobrir as necessidades mais prementes, mas para que as reformas orçamentais e estruturais possam ser efetuadas, sem que o peso da dívida atinja um limite considerado insustentável, é necessário transformar a dívida dos países assistidos em dívida a longo prazo, reduzindo o custo dos juros de financiamento.

Assim, a aplicação de medidas de consolidação orçamental a médio e a longo prazo, parece que terão ser acompanhadas por estímulos adicionais de curto prazo que favoreçam, nomeadamente, o crescimento económico de cada país.

Na generalidade dos países, mas em particular em Portugal, Irlanda e Espanha, as medidas de consolidação orçamental são indispensáveis como suporte à implementação das reformas estruturais que visem restaurar a sustentabilidade e o crescimento.

No entanto, para que as reformas sejam verdadeiramente estruturantes haverá sempre que garantir a coordenação das políticas macroeconómicas.

Parece haver, no entanto, um ponto positivo: aparentemente os países da Zona Euro têm vindo a compreender, gradualmente, que nada será possível sem uma liderança política e um nítido reforço da coordenação económica entre parceiros.

**“A economia europeia parece ter sobrevivido ao pico da crise e enveredado pelo caminho da retoma. Mas esta depende agora, em larga medida, da capacidade dos políticos de porem de lado as hesitações e se absterem dos riscos eleitorais que os esperam.”**

**Stefano Lepri, colunista do La Stampa.**

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Conselho da União Europeia - Adoção de um mecanismo de estabilização europeu.** Bruxelas, 2010. Disponível em WWW:<URL: <http://www.consilium.europa.eu/showFocus.aspx?id=1&focusId=478&lang=pt>>.
- [2] Eichengreen, Barry - **A inevitável reestruturação da Europa - Project Syndicate**, 2010. Jornal de Negócios, 2010. Disponível em WWW:<URL: [http://www.jornaldenegocios.pt/home.php?template=SHOWNEWS\\_V2&id=458767](http://www.jornaldenegocios.pt/home.php?template=SHOWNEWS_V2&id=458767)>.
- [3] **El País - Blindar el euro**. Madrid: Elpais.com, 2010. Disponível em WWW:<URL: [http://www.elpais.com/articulo/opinion/Blindar/euro/elpepuopi/20100510/elpepiopi\\_1/Tes](http://www.elpais.com/articulo/opinion/Blindar/euro/elpepuopi/20100510/elpepiopi_1/Tes)>.
- [4] **European Commission, Eurostat - Report on Greek government deficit and debt statistics.** Luxemburgo: European Commission, 2010. Disponível em WWW:<URL: [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ity\\_public/com\\_2010\\_report\\_greek/en/com\\_2010\\_report\\_greek-en.pdf](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ity_public/com_2010_report_greek/en/com_2010_report_greek-en.pdf)>.
- [5] Gammelín, Cerstin - **As mentiras vão matar o euro.** Presseurop.eu, 2011. Disponível em WWW:<URL: <http://www.presseurop.eu/pt/content/article/643551-mentiras-vao-matar-o-euro>>.
- [6] Juncker, Jean Claude e TREMONTI, Giulio - **E-bonds would end the crisis.** Financial Times, 2010. Disponível em WWW:<URL: <http://www.ft.com/intl/cms/s/0/540d41c2-009f-11e0-aa29-00144feab49a.html#axzz1uDv05C2o>>.
- [7] Keane, Fergal - **Irlanda: como chegar à bancarrota.** BBC (2011). Transmitido sob licença no programa PANORAMA BBC da SIC Notícias em 27 de Março de 2011.
- [8] Krugman, Paul - **O azar Espanhol e a imprudência Grega.** The New York Times, Nova Iorque. Courier Internacional. Nº 170 (2010), p. 106.
- [9] Krugman, Paul - **A Europa pode ser salva em 2011?** The New York Times, Nova Iorque. Courier Internacional. Nº 181 (2011), p. 68.
- [10] Pisani-Ferry, Jean - **O Reaparecimento do debate sobre o Federalismo Europeu** -. Direitos de autor: Project Syndicate, 2010. Jornal de Negócios, 2010. Disponível em WWW:<URL: [http://www.jornaldenegocios.pt/home.php?template=SHOWNEWS\\_V2&id=440035](http://www.jornaldenegocios.pt/home.php?template=SHOWNEWS_V2&id=440035)>.
- [11] Roubini, Nouriel - **The Debt Death Trap.** Project Syndicate, 2010a. Disponível em WWW:<URL: <http://www.project-syndicate.org/commentary/roubini24/English>>.
- [12] Roubini, Nouriel - **Teaching PIGS to Fly.** Project Syndicate, 2010b. Disponível em WWW:<URL: <http://www.project-syndicate.org/commentary/roubini22/English>>.
- [13] Story, Louise ; THOMAS JR, Landon ; SCHWARTZ, Nelson D. - **Como Wall Street ajudou a Grécia a fazer batota.** The New York Times, Nova Iorque. Courier Internacional. Nº 170 (2010), p. 52-53.
- [14] Sinn, Hans Werner - **O mecanismo de instabilidade da Europa** : Project Syndicate, 2010. Jornal de Negócios, 2011. Disponível em WWW:<URL: [http://www.jornaldenegocios.pt/home.php?template=SHOWNEWS\\_V2&id=461405](http://www.jornaldenegocios.pt/home.php?template=SHOWNEWS_V2&id=461405)>.

# Gestão de conflitos na Força Aérea Portuguesa: a perceção dos Oficiais



Autores: Vera Monteiro, Tenente Aluna da Especialidade  
de Técnico de Pessoal e Apoio Administrativo  
Cristina Novais, Tenente Aluna da Especialidade  
de Técnico de Pessoal e Apoio Administrativo  
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

Orientadora: Ana Martins, Capitão Técnico de Pessoal e Apoio Administrativo  
Direcção Pessoal, Comando de Pessoal, Força Aérea Portuguesa

**Resumo.** Pessoas e organizações vivem frequentemente situações de conflito, os quais surgem com a interação dos indivíduos interdependentes que percecionam a existência de objetivos, apetências e valores opostos, e que encaram a outra parte como potencialmente capaz de interferir na realização desses objetivos. Contudo, o conflito não é necessariamente negativo, pois pode ser um fator impulsionador de mudança organizacional. O presente artigo pretende dar a conhecer a percepção que os oficiais da Força Aérea Portuguesa têm do conflito e a forma como este é gerido. Foram seis fatores de análise do conflito (colaboração, evitamento, acomodação, competição, visão do conflito, visão das relações humanas). Os resultados obtidos demonstram a existência de uma percepção negativa do conflito por parte dos oficiais da Força Aérea Portuguesa e que entre as estratégias adotadas para a sua resolução a colaboração parece ser a mais utilizada.

**Palavras-chave:** Conflito, gestão de conflitos.

## 1. INTRODUÇÃO

Pensar que as organizações não têm conflitos ou que existem pessoas que nunca os tiveram é uma ilusão. As pessoas têm pensamentos diferentes, defendem valores distintos, passam pelas mais diversas experiências que as tornam diferentes umas das outras. O conflito é um processo característico do ser humano pois este está integrado num sistema de inter-relações.

Até há bem pouco tempo os conflitos nas organizações eram vistos de forma negativa pois eram considerados nefastos ao seu bom funcionamento. No entanto, os conflitos não são necessariamente negativos pois podem ser geradores de discussões positivas e impulsionarem uma mudança organizacional. As perspetivas atuais de abordagem do conflito defendem que este é tido não apenas como uma força positiva num grupo ou numa organização, mas é absolutamente necessário para o desenvolvimento e melhoria do desempenho individual e coletivo.

A Força Aérea Portuguesa, apesar da sua estrutura hierárquica assente em relações de autoridade e subordinação entre postos e com o elevado número de militares que a compõe, também se depara naturalmente com conflitos e como tal necessita de os saber gerir e resolver de forma positiva, não só para obter níveis de desempenho mais elevados, mas também para cultivar um ambiente organizacional adequado que contribua para cumprir de modo mais eficaz a missão que lhe está cometida.

A compreensão deste facto e a consciência de que a Força Aérea Portuguesa deve responder de forma positiva a este nível de preocupações em matéria de recursos humanos, estão na base do desenvolvimento deste trabalho de investigação, que se propõe dar um contributo para se perceber qual a percepção que os oficiais da Força Aérea Portuguesa têm do conflito no contexto da organização e quais as estratégias usadas na sua gestão.



## 2. ENQUADRAMENTO

### 2.1 Fenómeno perceptivo

Os indivíduos têm diferentes percepções em relação ao comportamento associado a uma determinada função. Em ambiente organizacional, a precisão da percepção pode ter um impacto muito grande no desempenho dos indivíduos [2]. A percepção é um processo cognitivo que ajuda o indivíduo a selecionar, organizar e a interpretar estímulos no sentido de formar um quadro significativo e coerente do mundo. Como cada indivíduo atribui um significado próprio aos estímulos, estes apreendem a mesma “coisa” de modo diferente.

Assim, o comportamento das pessoas em contexto de trabalho é influenciado pela forma como elas percebem a realidade que as rodeia, percepção essa que é o significado mais importante para o sujeito da percepção [1], o que faz com que o seu comportamento seja baseado nas suas percepções da realidade e não na realidade como ela é verdadeiramente [5] .

### 2.2 Conflito nas organizações

Em contexto organizacional existem basicamente três modos de visualizar o conflito: visão tradicional, visão das relações humanas e visão interacionista [5].

A visão tradicional defende que o conflito é algo que deve ser evitado, pois o conflito é sinónimo de mau funcionamento dentro de um grupo ou organização. A visão das relações humanas defende que o conflito é um resultado natural e inevitável em qualquer grupo ou organização e que não é necessariamente um mal para esse grupo ou organização, pelo contrário, o conflito tem o potencial de ser uma força positiva na determinação do desempenho do grupo ou da organização no geral.

A visão interacionista difere das anteriores, no sentido em que defende que se deve encorajar o conflito, isto é, estimular o surgimento do conflito com base em que um grupo calmo, tranquilo e harmonioso pode tornar-se estático e apático e não conseguir responder às necessidades de mudança e inovação que possam surgir dentro e fora de um grupo ou de uma organização.

A principal aposta desta visão é que os chefes e diretores do grupo ou organização devem ter iniciativa e incentivem a manter um nível mínimo de conflito que seja suficiente para o grupo continuar viável, autocrítico e criativo.

A visão interacionista encara o conflito como benéfico para despertar a inovação, a criatividade, os comportamentos, as atitudes e as cognições. Neste sentido, é inapropriado abordar o conflito apenas com base na categorização se é bom ou mau. O conflito é bom ou mau dependendo do tipo de conflito de que se trata.

Importante nesta visão é diferenciar conflitos funcionais (bons - construtivos) e disfuncionais (maus - destrutivos). Os primeiros apoiam os objetivos de um grupo ou de uma organização e ajudam na melhoria do seu desempenho, ou seja, são conflitos construtivos.

Os segundos transtornam o desempenho de um grupo ou de uma organização e por isso são considerados como conflitos destrutivos. O critério que diferencia o conflito funcional do conflito disfuncional é o próprio desempenho do grupo.

Como os grupos existem para atingir os objetivos, é o impacto que o conflito tem no grupo, mais do que qualquer membro individual desse grupo, que determina a sua funcionalidade.

### 2.3 Evolução da situação conflitual - sùmula

A situação conflitual passa em termos gerais pelas fases “incubação”, “consciencialização”, “disputa” e, por último, “eclosão”. A fase “incubação” acontece quando uma das partes se sente atingida na sua esfera individual por outra. Quanto maior for o período em que as partes se sentem atingidas na sua esfera individual sem que passem à fase seguinte, mais grave se tornará o conflito.

Na fase “consciencialização” as partes ou uma delas, convencidas da sua razão notificam a outra parte desse facto, dando-se a formalização da discordância.

Em determinadas situações pode não ocorrer, especialmente quando se observa a ignorância de uma das partes em relação ao facto da outra se sentir invadida na sua esfera individual, quer porque uma é inferior na hierarquia ou, simplesmente porque não é assertiva.

A fase “disputa” ocorre quando se observa a discussão do que está subjacente ao conflito. Caso a parte que se sente atingida não tenha informado a outra desse facto, passa-se diretamente da primeira para a quarta fase – “eclosão”. Nesta etapa as percepções ficam distorcidas, e há, normalmente um deslocamento do objetivo do conflito.

As intenções de lidar com o conflito, que configuram decisões de agir de uma determinada forma, interferem nas percepções e emoções das pessoas e nos seus comportamentos [5].

Para medir essas intenções básicas usam-se duas dimensões mostradas na figura 1: a assertividade e a cooperação. A assertividade mede o grau em que uma parte tenta satisfazer os seus próprios interesses, a cooperação mede o grau em que uma parte tenta satisfazer os interesses da outra parte.

Destas duas dimensões resultam cinco intenções básicas para lidar com o conflito: a competição, a colaboração, o compromisso, a acomodação e o evitamento (ver quadro 1).



Figura 1: Intenções de lidar com conflitos (Adaptado de Thomas, 1992) [5].

**Quadro 1:** Intenções básicas para lidar com o conflito.

<b>Competição</b>	Surge quando uma pessoa procura satisfazer os seus próprios interesses, independentemente do que pode causar nas partes envolvidas no conflito. Desta forma a pessoa está a competir, e para isso tenta atingir o seu objetivo com o sacrifício do objetivo de outra pessoa [5]. Neste tipo de intenção revela-se grande grau de assertividade mas fraca cooperação. “O outro toma uma posição e não abdica dela” [6].
<b>Colaboração</b>	Surge quando ambas as partes em conflito desejam satisfazer totalmente os interesses de todas as partes, procurando um resultado final benéfico para todas as partes envolvidas [5]. Neste tipo de intenção revela-se um grande grau de assertividade e de cooperação. “O outro comunicou toda a sua informação e encorajou-me a fazer o mesmo” [6].
<b>Compromisso</b>	Surge quando uma parte do conflito desiste de algo ou ocorre uma divisão de interesses, levando a um resultado final comprometido, isto é, as partes estão dispostas a aceitar uma solução que forneça satisfação incompleta dos interesses de ambas as partes. Este tipo de intenção revela-se por haver uma combinação de assertividade e de cooperação. “O outro sugere um compromisso” [6].
<b>Evitamento</b>	Surge quando uma pessoa reconhece que um conflito existe e quer sair dele ou suprimi-lo. Simplesmente ignora-se o conflito e evitam-se as pessoas das quais se discorde [5]. Neste tipo de intenção revela-se uma postura de não assertividade e de não cooperação, caracterizada pela fuga ao conflito. “O outro tentou evitar a missão de negociar” [6].
<b>Acomodação</b>	Surge quando uma das partes tenta apaziguar a outra parte, colocando por vezes os interesses da outra parte acima dos seus próprios interesses, ou seja, para que o bom relacionamento continue, uma das partes está disposta a ser autossacrificada [5]. Neste tipo de intenção revela-se grande grau de cooperação mas fraca assertividade. “O outro desistiu da sua posição” [6].

## 2.4 Consequências do conflito

Toda a situação de conflito produz resultados quer para a organização, quer para as pessoas envolvidas no conflito. Os resultados podem traduzir-se de forma positiva, originando criatividade e mudança, ou de forma negativa, originando sentimentos de frustração e de stress [7]. Podemos ter soluções de perda-perda (nenhuma das partes vê os seus interesses satisfeitos), vitórias totais de uma parte (e simultaneamente a derrota do oponente), soluções intermédias (satisfação parcial dos interesses de ambas as partes) e soluções integrativas (satisfação dos interesses mútuos). Existe ainda uma lógica associada à gestão de conflitos, denominada de distributiva ou integrativa, em que a lógica distributiva associa a competição e a acomodação e corresponde a uma lógica de soma nula porque o que uma parte ganha corresponde ao que a outra perde; pelo seu lado a lógica integrativa relaciona os estilos evitação e colaboração em que o que está subjacente é a soma variável porque existem sempre ganhos ou perdas para ambas as partes [8].

### 3. METODOLOGIA

Para conhecer e compreender a percepção que os oficiais da Força Aérea Portuguesa têm do conflito e a forma como este é gerido foi necessário a adoção de um estudo de caso, em contexto real. Foi desenvolvido um estudo recorrendo a um questionário enviado a todos os oficiais da FAP. Após a obtenção das respostas estas foram organizadas e analisadas pelo programa *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS, v. 17).

O estudo seguiu a metodologia proposta por [4] para as Ciências Sociais. Foi formulada a pergunta de partida que serviu de orientação a esta investigação:

**“Qual a percepção que os oficiais da Força Aérea Portuguesa têm do conflito e de que forma é que este é gerido?”.**

Derivado das variáveis que influenciam a percepção e a resolução dos conflitos foram ainda definidas duas questões derivadas:

**Questão 1** – Quais as diferenças na percepção dos conflitos pelos oficiais da Força Aérea Portuguesa?

**Questão 2** – Quais as diferenças na resolução dos conflitos pelos oficiais da Força Aérea Portuguesa?

Para poder responder à questão central que orientou a o trabalho de investigação, assim como para as questões derivadas, foram desenhadas as seguintes hipóteses:

**Hipótese 1 (H1)** – As variáveis caracterizadoras: género, idade, estado civil, nível de escolaridade, classe de postos, especialidade, unidade, tempo de serviço, identificadas como sub-hipótese de H1.1 a H1.8, têm influência na forma como os oficiais percecionam o conflito:

**Hipótese 2 (H2)** – As variáveis caracterizadoras: género, idade, estado civil, nível de escolaridade, classe de postos, especialidade, unidade, tempo de serviço, identificadas como sub-hipótese de H1.1 a H1.8, têm influência na forma como os oficiais gerem o conflito:

Através da análise e discussão dos resultados recolhidos durante a investigação, procedeu-se à verificação das proposições traduzidas em cada uma das hipóteses de forma a aceitá-las ou rejeitá-las.

O questionário foi dividido em três partes:

**PARTE I – “Caracterização pessoal”,** que compreende as variáveis de caracterização dos sujeitos em estudo: género, idade, estado civil, nível de escolaridade completo, classe de postos, especialidade, unidade a que pertence e o tempo de serviço na organização;

**PARTE II – “Percepção dos seus inferiores hierárquicos”,** que aborda a relação dos oficiais com os seus inferiores hierárquicos;

**PARTE III – “Percepção do conflito”**, que apresenta a visão que os oficiais têm face à gestão de conflitos. As questões foram formuladas no sentido de perceber qual a visão que os oficiais têm do fenómeno em causa e método de resolução.

#### 4. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

O questionário foi aplicado a todos os oficiais da Força Aérea Portuguesa no ativo. Segundo dados fornecidos a 30 de novembro de 2011 pela Direção de Pessoal (DP) da Força Aérea Portuguesa, o universo compreendeu 1831 oficiais de todas as especialidades e colocados nas diversas unidades da FAP (Figura 2 e 3).

A amostra recolhida consistiu numa parte representativa do universo referido, constituída por 294 oficiais que representam cerca de 16% da população em estudo. No que respeita ao género, a amostra caracteriza-se por representar de forma aproximada a relação entre elementos masculinos e femininos observados no universo da Força Aérea Portuguesa. Assim, dos 294 inquiridos, 247 são homens (84%) e 47 são mulheres (16%), sendo que o nosso universo corresponde a 1536 homens e 295 mulheres (16,1%).

Relativamente à idade dos inquiridos, o número de respostas foi maior no intervalo entre os 30 e os 39 anos de idade com 124 respostas. Salienta-se que não se obteve nenhum questionário relativo a militares com mais de 60 anos de idade apesar, de à data existirem dois nessas condições.

Em relação ao estado civil dos militares, constata-se que mais de metade é casada, com 175 respostas, o que corresponde a 60% da amostra.

Quanto ao nível de escolaridade completo dos inquiridos, conclui-se que 41 têm o ensino secundário completo, 47 têm o bacharelato, 161 são licenciados, 42 têm mestrado e 2 têm doutoramento. Ninguém com escolaridade inferior ao 12º ano de escolaridade completo respondeu ao questionário.

Em termos de classe de postos, os oficiais superiores e os oficiais subalternos destacam-se pelo maior número de respostas, sendo 108 e 123 respetivamente. Responderam também 1 oficial general, 54 capitães e 8 aspirantes a oficial.

Em relação ao número de inquiridos por especialidade, obteve-se respostas em quase todas as especialidades, em que o maior número, 57 respostas, corresponde à especialidade Técnico de Pessoal e Apoio Administrativo.

Quanto aos quantitativos por unidade, optou-se por agrupar as mesmas por localização geográfica para um melhor tratamento dos dados. Desta forma, destaca-se o Complexo de Alfragide com o maior número de respostas (101 respostas) e o Centro de Formação Militar e Técnica da Força Aérea Portuguesa com 28 respostas.

No que concerne ao tempo de serviço dos militares na organização, verifica-se que o maior número de respostas corresponde ao intervalo de 0 a 9 anos de tempo de serviço (100 respostas), seguido do intervalo de 10 a 19 anos de serviço (82 respostas), aparecendo depois o intervalo de 20 a 29 anos (76 respostas) e por último responderam 36 militares com mais de 30 anos de serviço.

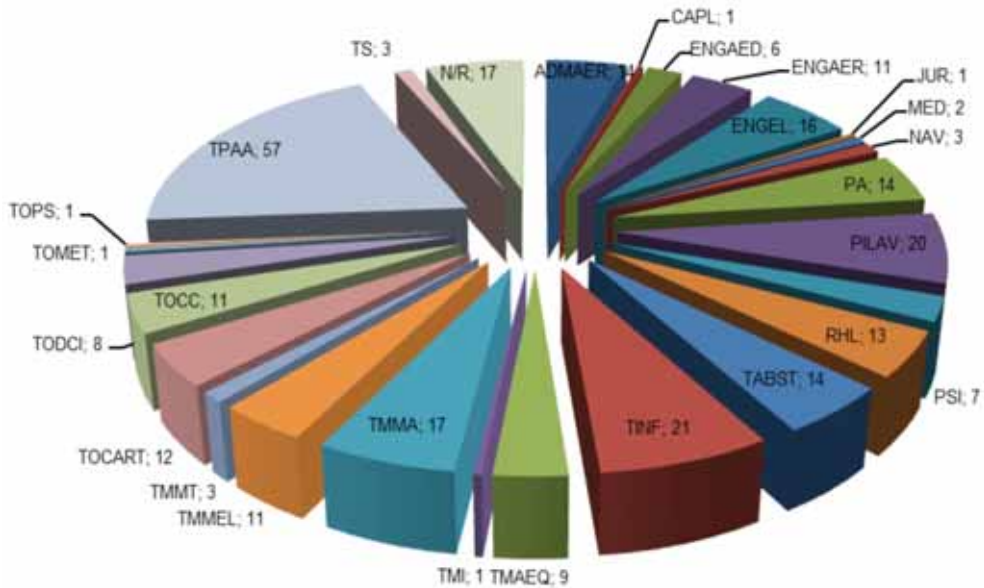


Figura 2: Quantitativos por especialidade (em código) da Força Aérea Portuguesa.

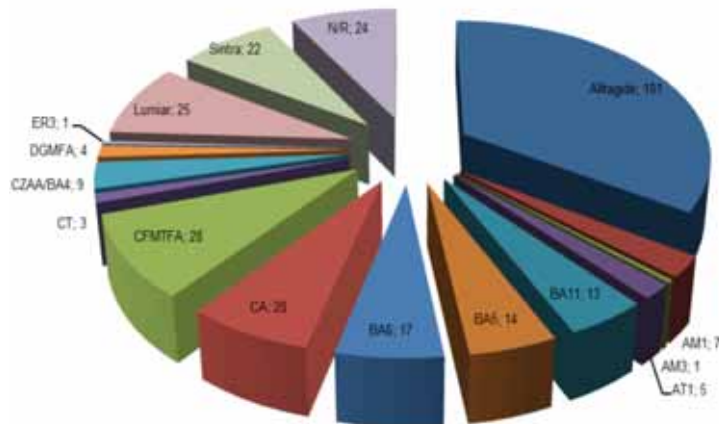


Figura 3: Quantitativos por unidade de colocação (em código) do militar na Força Aérea Portuguesa

## 5. VALIDAÇÃO ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO DAS HIPÓTESES

Antes de testar as hipóteses foi efetuada uma análise fatorial com dois objetivos: avaliar a validade de construção do questionário e simultaneamente identificar os diferentes fatores que explicam padrões de correlação entre as variáveis [3].

Seguidamente, as várias variáveis foram agrupadas em fatores, permitindo testar as hipóteses formuladas. O teste *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) e o teste de *Bartlett* foram os dois procedimentos estatísticos usados, que permitiram aferir a qualidade das correlações entre as variáveis de forma a prosseguir com a análise fatorial.

A análise fatorial reteve 13 fatores com *eigenvalues* superiores a 1 (critério de *Kaiser*), explicando cerca de 63% da variabilidade total dos dados. Alguns fatores retidos contavam apenas com uma variável isolada por fator, tendo sido tomados em conta os 6 fatores em consonância com a revisão de literatura.

Desta forma, foram tomadas em consideração 31 variáveis retidas nos 6 fatores - colaboração, evitamento, acomodação, competição, visão do conflito e visão das relações humanas.

A maior parte das variáveis não retidas em nenhum destes fatores foram ignoradas das análises posteriores, e algumas variáveis específicas foram reagrupadas nos fatores encontrados devido à sua validade facial (fator competição).

As variáveis foram reagrupadas pelos fatores e foram gravadas novas variáveis compósitas correspondentes à média de todos os itens que constituem cada fator - colaboração, evitamento, acomodação, competição, visão do conflito e visão das relações humanas. Com estas novas variáveis foram efetuadas as análises estatísticas para testar se existem diferenças de médias nos fatores tendo em conta as variáveis independentes: género, idade, estado civil, nível de escolaridade, classe de postos, áreas funcionais de desempenho, unidade de colocação e tempo de serviço.

**Quadro 2:** Médias dos 6 fatores.

	N	Mínimo	Máximo	Média
Colaboração	272	3,0	6,0	4,8
Evitamento	283	1,0	5,0	2,3
Acomodação	267	2,7	5,3	3,9
Competição	280	1,8	5,3	3,7
Visãooconflito	288	1,6	5,8	3,7
Visão Recurso Humano	287	2,3	5,8	3,9

Foram efetuados testes estatísticos para a análise de médias entre as várias variáveis independentes em estudo. O teste *T de Student* foi utilizado para variáveis com apenas dois níveis da variável independente (variável género – masculino versus feminino; variável unidades – de base ou outras e variável tempo de serviço – até 9 anos e mais de 10 anos de serviço) e o teste ANOVA foi utilizado para testar as diferenças de médias entre mais do que dois níveis da variável independente (variável idade, estado civil, nível de escolaridade completo, classe de postos e áreas funcionais de desempenho).

Tendo em conta os resultados obtidos na dimensão visão do conflito, de uma forma geral, verificou-se que os oficiais da FAP identificam-se mais com a visão tradicional. Relativamente às estratégias de resolução de conflito adotadas, verificou-se que a mais utilizada é a colaboração e a menos utilizada é o evitamento com a média mais baixa (ver quadro 2).

Na análise da Hipótese **H1: As variáveis caracterizadoras têm influência na forma como os oficiais percecionam o conflito**, verificou-se que algumas variáveis revelam ter impacto na forma como estes percecionam o conflito.



**Quadro 3:** Idade: testes *Post-hoc*.

	Classe de idades	Diferenças	Sig.
Colaboração	20 e 29 anos	40 e 49 anos	,000
		50 e 59 anos	,000
	30 e 39 anos	40 e 49 anos	,010
		50 e 59 anos	,000
Visão_conflito	30 e 39 anos	40 e 49 anos	,020

Observaram-se diferenças na variável idade, no fator visão do conflito, sendo que a classe de idades 40 a 49 anos percebe o conflito como mais negativo do que a classe 30 a 39 anos. Aceitou-se, assim, a hipótese **H1.2: a idade tem influência na forma como o conflito é percebido**.

**Gráfico 1:** Idade: médias por fator visão do conflito.

Todas as restantes variáveis não revelaram influência significativa na percepção do conflito rejeitando assim as seguintes sub-hipóteses: H1.1; H1.3; H1.4; H1.5; H1.6; H1.7 e H1.8.

No que respeita à Hipótese **H2: As variáveis caracterizadoras têm influência na forma como os oficiais gerem o conflito**, verificou-se que existem diferenças significativas em quase todas as variáveis descritivas, excetuando o género e as áreas funcionais de desempenho, rejeitando assim as sub-hipóteses: H2.1 e H2.6.

**Gráfico 2:** Idade: médias por fator colaboração.

Para a variável idade verificou-se que a componente colaboração exibe diferenças significativas, sendo que a classe de idades entre 50 a 59 anos colabora mais do que a classe 20 a 29 anos e 30 a 39. Desta forma, aceitou-se a sub-hipótese **H2.2: a idade tem influência na forma como o conflito é gerido.**

Quadro 4: Estado civil: testes *Post-hoc*.

	Estado civil	Diferenças	Sig.
Colaboração	Solteiro	Casado	,002

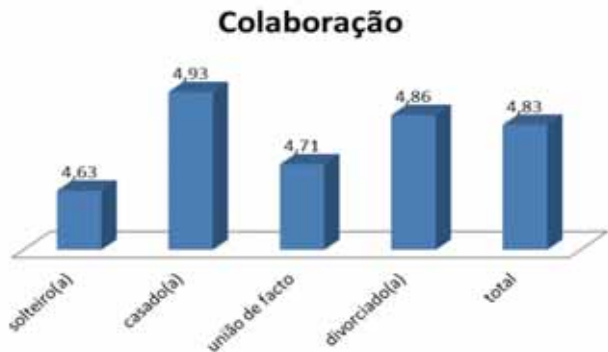


Gráfico 3: Estado civil: médias por fator colaboração.

Para a variável estado civil verificou-se que na componente colaboração existem diferenças significativas, sendo que os casados colaboram mais do que os solteiros que apresentam valor médio mais baixo em relação aos militares dos restantes estados civis. Aceitou-se a sub-hipótese **H2.3: o estado civil tem influência na forma como o conflito é gerido.**

Quadro 5: Escolaridade: testes *Post-hoc*.

	Nível de escolaridade	Diferenças	Sig.
Colaboração	Mestrado	12º ano	,007
		Bacharelato	,008

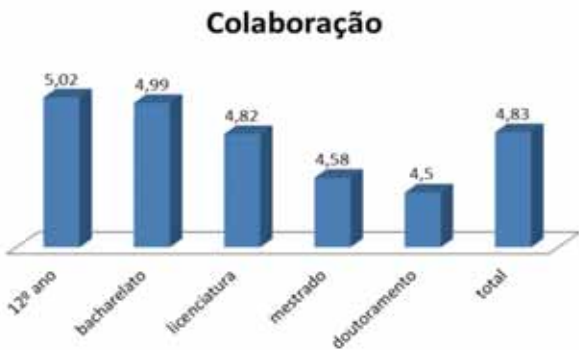
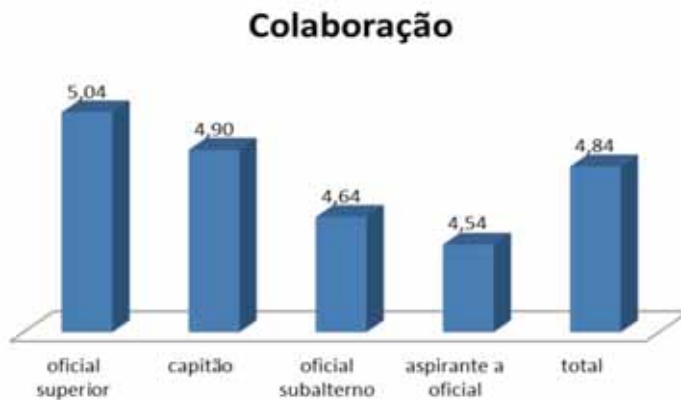


Gráfico 4: Escolaridade: médias por fator colaboração.

No atinente à variável nível de escolaridade completo, a componente colaboração apresentou diferenças significativas entre os militares com o mestrado e os militares com o 12º ano de escolaridade completo, bem como os militares com mestrado e os militares com bacharelato. Aceitou-se a sub-hipótese **H2.4: o nível de escolaridade completo tem influência na forma como o conflito é gerido.**

**Quadro 6:** Classe de postos: testes *Post-hoc*.

	Classe de postos	Diferenças	Sig.
Colaboração	Oficial Superior	Oficial Subalterno	,000
	Capitão	Oficial Subalterno	,029



**Gráfico 5:** Classe de postos: médias por fator colaboração.

Para a variável classe de postos verificou-se que a componente colaboração exibe diferenças significativas, sendo que a classe de oficial superior colabora mais do que as classes de posto de capitão, de oficial subalterno e de aspirante a oficial. Desta forma, aceitou-se a sub-hipótese **H2.5: a classe de postos tem influência na forma como o conflito é gerido.**

**Quadro 7:** Unidades: médias por fator

	Local de colocação	N	Média
Colaboração	Unidades base	61	4,9
	Outras unidades	192	4,8
Evitamento	Unidades base	65	2,1
	Outras unidades	196	2,4
Acomodação	Unidades base	60	3,9
	Outras unidades	184	3,9
Competição	Unidades base	65	3,7
	Outras unidades	193	3,7
Visão conflito	Unidades base	66	3,7
	Outras unidades	199	3,7
Visão Recurso Humano	Unidades base	65	4,0
	Outras unidades	199	3,9

Para a variável unidades verificou-se que na componente evitamento existem diferenças significativas entre os militares das Unidades de Base e das outras unidades, mas também se verificou que não há tendência para a utilização deste tipo de estratégia na resolução dos conflitos, pois as médias são consideradas baixas em relação à média de resposta do questionário (escala 1 a 6).

No entanto, aceitou-se a sub-hipótese **H2.7: a unidade tem influência na forma como o conflito é gerido.**

**Quadro 8:** Tempo de serviço: médias por fator.

	Tempo de serviço	N	Média
Colaboração	até 9 anos	94	4,7
	mais de 10 anos	178	4,9
Evitamento	até 9 anos	96	2,5
	mais de 10 anos	187	2,3
Acomodação	até 9 anos	89	3,9
	mais de 10 anos	178	3,9
Competição	até 9 anos	91	3,6
	mais de 10 anos	189	3,7
Visão conflito	até 9 anos	97	3,6
	mais de 10 anos	191	3,7
Visão Recurso Humano	até 9 anos	96	4,0
	mais de 10 anos	191	3,9

Para a variável tempo de serviço verificou-se que nas componentes colaboração e evitamento exibem diferenças significativas, isto é, os militares com 10 ou mais anos de tempo de serviço utilizam mais a estratégia de colaboração do que os militares com 9 ou menos anos de tempo de serviço. E ainda se constata que os militares que têm 9 anos ou menos de tempo de serviço tendem a evitar o conflito, verificando-se contudo que a média neste tipo de estratégia é baixa em relação à média de respostas do questionário (escala 1 a 6). Assim, aceitou-se a sub-hipótese **H2.8: o tempo de serviço tem influência na forma como o conflito é gerido.**

## 6. CONCLUSÕES

Um conflito pode ser um fenómeno bastante significativo numa organização, na medida em que pode afetar o desempenho de um indivíduo mas também de toda a organização. Surge com a interação dos indivíduos interdependentes que percecionam a existência de objetivos, apetências e valores opostos, e que encaram a outra parte como potencialmente capaz de interferir na realização desses objetivos.

A percepção é um processo no qual os indivíduos organizam e interpretam as suas impressões sensoriais a fim de dar significado ao ambiente que os rodeia. No entanto, o que um indivíduo percebe pode ser completamente diferente da verdadeira realidade, pois cada indivíduo atribui um significado próprio aos estímulos, logo podendo ver a mesma realidade mas de forma diferente.

As atitudes que os indivíduos adotam em situação de contexto organizacional surgem devido ao modo como elas percecionam a realidade que as rodeia. Estas atitudes são baseadas nas percepções que os indivíduos têm da realidade.

É neste contexto que se procurou analisar a percepção que os oficiais da Força Aérea Portuguesa têm do conflito e a forma como este é gerido. Para tal foram analisadas as variáveis género, idade, estado civil, nível de escolaridade completo, classe de postos, especialidade, unidade de colocação e tempo de serviço prestado.

Os resultados obtidos demonstram que existe uma percepção negativa do conflito por parte dos oficiais da Força Aérea Portuguesa. Relativamente às estratégias adotadas na resolução dos conflitos a “colaboração” é a mais utilizada em contraposição ao “evitamento”.

A variável idade é a única que revela ter influência na forma como os oficiais percecionam o conflito, sendo que a classe de idades 40 a 49 anos perceciona o conflito como mais negativo do que as restantes.

Existem variáveis caracterizadoras que têm influência na forma como os oficiais gerem o conflito, existindo diferenças significativas em quase todas as variáveis descritivas, exceto o género e as áreas funcionais de desempenho.

Desta forma, pode-se afirmar que a classe de idades 50 a 59 anos utiliza mais a estratégia de colaboração do que as restantes classes de idades. Os casados são quem utiliza mais a estratégia de colaboração comparativamente aos militares dos restantes estados civis.

Em termos de escolaridade, os militares com o 12º ano completo são mais colaborativos, bem como os oficiais superiores. Apesar de os militares colocados em unidades que não as bases aéreas terem tendência a evitar mais o conflito do que os militares das unidades base, a estratégia evitamento não é tão utilizada na resolução de conflitos.

Verifica-se ainda que os militares com 10 ou mais anos de tempo de serviço utilizam mais a estratégia de colaboração do que os militares com 9 ou menos anos de tempo de serviço. Também são os militares que têm 9 ou menos anos de serviço que evitam mais o conflito.

Finalmente, verificou-se ainda que os oficiais da Força Aérea Portuguesa identificam-se mais com a visão tradicional do conflito, o que significa que tendem a percecionar o conflito como algo negativo. Desta forma, em sede de instrução de oficiais pode fazer sentido incutir-se a ideia de que o conflito não tem de ser, necessariamente, negativo e que, desde que mantido em níveis aceitáveis, pode promover que os militares sejam mais criativos e autocríticos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FERREIRA, J. M. Carvalho [et al] (2001). **Manual de psicossociologia das organizações**. Lisboa: McGraw-Hill. ISBN: 972-773-105-8.
- [2] GIBSON, James L. [et al] (2006). **Organizações, comportamento, estrutura e processos**. São Paulo: McGraw-Hill, 12ª edição. ISBN: 85-86804-61-4.
- [3] PESTANA, M. H.; GAGEIRO, J. N. (2003). **Análise de Dados para Ciências Sociais**. Lisboa: Edições Sílabo, 3ª Edição. ISBN: 972-618-391-X.
- [4] QUIVY, Raymond; CAMPENHOUDT, Luc Van (2008). **Manual de investigação em ciências sociais**. Lisboa: Edições Gradiva, 5ª edição. ISBN: 9789726622758.
- [5] ROBBINS, Stephen (1999). **Comportamento organizacional**. Rio de Janeiro: Editora Afiliada, 8ª edição. ISBN: 9-788521-611516.
- [6] BILHIM, J. A. Faria, 2001, **Teoria Organizacional - Estruturas e Pessoas**, Lisboa, Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas, 2ª edição, ISBN 972-9229-93-7, p. 236.
- [7] Almeida, F. Neves, 1995, **Psicologia para gestores**, Lisboa, McGraw-Hill, ISBN 972-8293-01-3
- [8] CUNHA, M. Pina et al, 2006, **Manual de Comportamento Organizacional e Gestão**, Lisboa, Editora RH, 6ª edição, ISBN 978-972-8871-16-1

# Certificações de qualidade nos centros hospitalares portugueses: determinantes e consequências da sua adoção



Autor: David Gomes, Alferes Aluno do Mestrado Integrado  
na Especialidade de Administração Aeronáutica  
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

Orientador: Mestre António Carlos de Oliveira Samagaio  
Instituto Superior de Economia e Gestão da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa

**Resumo.** A saúde é assumida como um bem público de extrema importância para os cidadãos portugueses, estando mesmo contemplado na sua Constituição. Contudo, a atual crise económica vivida na Europa, põe em causa a continuidade dos serviços prestados de forma tendencialmente gratuita, bem como a sua qualidade. Neste sentido, torna-se pertinente saber quais as formas de maximizar os recursos, de modo a obter melhores níveis de qualidade e eficiência. O presente estudo debruça-se sobre as certificações da Qualidade, procurando saber se estas provocam impactos positivos na eficiência das unidades de saúde portuguesas. Foram abrangidas pelo estudo unidades de saúde públicas e privadas. Através de um modelo *Data Envelopment Analysis* (DEA) e de uma regressão linear foi estudada a eficiência das unidades de saúde em Portugal. O estudo demonstra que as certificações de Qualidade provocam melhorias na eficiência dos serviços hospitalares.

**Palavras-chave:** Eficiência, qualidade em sistemas hospitalares, certificação, centros hospitalares, impactos, regressão linear, questionário, modelo DEA.

## 1. INTRODUÇÃO

Em Portugal, a proteção da saúde é entendida pelos cidadãos como um direito social e cultural, o que implica que o seu acesso deve ser universal e tendencialmente gratuito. Nos últimos anos, o setor hospitalar português tem sido confrontado com importantes mudanças e desafios de gestão. Se por um lado, o surgimento de hospitais privados fomentou a concorrência entre unidades do setor público e privado, por outro, a atual crise económica aumenta a necessidade de rentabilizar os recursos disponíveis.

Devido ao fato de o setor hospitalar possuir uma particularidade que dificilmente se encontra em outros setores, pois o seu produto final é constituído por serviços que possuem uma estreita ligação com o bem-estar e a vida do paciente, os utentes esperam que estes serviços sejam executados de forma minuciosa e o mais eficazmente possível, [13]. Para fazer face a essas expectativas torna-se imperativo desenvolverem-se novas formas e conceitos de gestão.

As certificações de qualidade, baseadas em normas internacionais que regulam os procedimentos internos nas várias fases dos serviços até à satisfação do utente, têm sido uma das ações estratégicas adotadas pelas unidades hospitalares, por forma a dar resposta às crescentes exigências colocadas por entidades reguladoras e pelos próprios utentes. Isto porque o movimento da qualidade e as ferramentas internacionais desenvolvidas são vistas como um dos principais caminhos para a melhoria dos métodos praticados pelas empresas.







Embora a gestão da Qualidade comporte benefícios para as organizações, o *design* e implementação de determinadas práticas geram custos nas Unidades de Saúde, os quais nem sempre são fáceis de mensurar.

O presente estudo empírico procura contribuir para o conhecimento sobre quais os impactos da adoção de certificações de qualidade na eficiência dos centros hospitalares portugueses. Num contexto de forte contenção orçamental nas despesas, importa verificar se os benefícios inerentes à adoção de certificações de qualidade produzem alguma vantagem nas unidades de saúde portuguesas.

## 2. DIFICULDADES NA IMPLEMENTAÇÃO DAS CERTIFICAÇÕES DE QUALIDADE

O processo de adoção das certificações de Qualidade implica mudanças transversais em todos os setores das organizações, e essas mudanças tendem a provocar resistência por parte dos colaboradores, membros da gestão de topo, utentes e fornecedores.

Por outro lado, no decurso do processo, podem surgir imprevistos para os quais as organizações têm de estar preparadas. Depexe [2] revela, num estudo que elaborou no Brasil, que a cultura organizacional e a resistência à mudança, juntamente com o sistema burocrático, são as maiores dificuldades sentidas pelas organizações na adoção de certificações de qualidade.

Com base num estudo desenvolvido num hospital regional Suíço, [10] verifica que a implementação de uma certificação ISO 9001 requer um investimento considerável a nível monetário e de horas de trabalho.

Adicionalmente, o autor indica que os problemas organizacionais e estruturais devem ser resolvidos antes de iniciado o processo de certificação, pois irá defrontar inevitavelmente uma resistência à mudança por parte de colaboradores de todos os níveis hierárquicos. Por último, constata alguns efeitos indesejados, como o facto de após a implementação da certificação de qualidade ISO 9001 os trabalhos burocráticos dos colaboradores aumentarem, o que pode ser prejudicial para a produtividade.

## 3. BENEFÍCIOS DAS CERTIFICAÇÕES DE QUALIDADE

Apesar das dificuldades enunciadas, várias organizações estabelecem como objetivo estratégico o desenvolvimento de um processo que culmine na certificação de qualidade. Este facto, juntamente com resultados de alguns estudos feitos sobre esta questão, constitui um sinal de que existem benefícios inerentes a este tipo de certificações.

Estudos anteriores assinalam como principais benefícios da adoção de certificações de qualidade:

- A retenção de clientes [8];
- O aumento da satisfação dos clientes [8] [7];
- Benefícios no marketing e aumento dos lucros [1];
- Aumento da produtividade [1] [10] [7];

- Aumento na satisfação dos colaboradores [10];
- Melhoria na fiscalização dos processos de implementação de nova legislação e redução da estrutura informal [10].

#### 4.DETERMINANTES DA QUALIDADE E EFICIÊNCIA HOSPITALAR

A avaliação dos benefícios da certificação de qualidade nas organizações requer a consideração de alguns fatores contextuais. A mensuração da qualidade e eficiência no setor da saúde falha devido a um conjunto de fatores como o local de tratamento, a doença a ser estudada, a idade dos pacientes, o efeito Placebo de cada doente e os tratamentos encetados, que têm efeitos diferentes de pessoa para pessoa.

Para o estudo é importante saber quais os determinantes da eficiência hospitalar, de modo a saber se esta é influenciada pela adoção de certificações de qualidade.



Estudos apontam que os determinantes da eficiência hospitalar são:

- A estrutura de propriedade, evidenciando que os hospitais privados possuem uma maior eficiência face aos hospitais públicos [15] [11] [14] [3];
- A dimensão das unidades hospitalares, sendo que as unidades hospitalares de maior dimensão possuem maior eficiência [5] [3];
- A localização, demonstrando que as unidades hospitalares localizadas em grandes centros urbanos possuem uma melhor eficiência face às unidades localizadas em centros urbanos de menor dimensão [6] [5].

#### 5. MODELO HEURÍSTICO

Para determinar se as certificações de qualidade influenciam a eficiência hospitalar, foi aplicado um modelo de regressão linear múltipla, dado pela seguinte equação:

$$Perf = \alpha + \beta_1 Cert + \beta_2 Prop + \beta_3 Loc + \beta_4 Dim$$

Em que:

–  $\alpha$ : resíduo.

– B. **Coefficientes de regressão.**

– **Perf**: indicador de EFICIÊNCIA hospitalar.

– **Cert**: representa o grau de intensidade de certificação de qualidade, determinada a partir do seguinte quociente do número de certificações que cada unidade de saúde possui pelo número de serviços existentes .

– **Prop**: variável dicotómica que representa o facto do centro hospitalar ser público ou privado (1- hospital público e 0 – hospital privado).

- **Loc**: variável dicotómica que representa o facto do centro hospitalar se encontrar dentro ou fora de uma área metropolitana (1 – hospital localizado dentro de uma área metropolitana e 0 – hospital localizado fora de uma área metropolitana).
- **Dim**: representa o número de camas do centro hospitalar.

## 6.MENSURAÇÃO DA VARIÁVEL DEPENDENTE

Para o estudo da eficiência dos respetivos centros hospitalares foi utilizado um modelo DEA, amplamente utilizado em estudos anteriores [12] [9] [17]. O modelo inicial desenvolvido por Charnesetal (1978), procura determinar a eficiência de uma unidade produtiva comparativamente às demais, considerando-se os múltiplos recursos utilizados e os múltiplos produtos gerados.

O modelo DEA é uma ferramenta não paramétrica que avalia a eficiência técnica relativa de unidades produtivas, chamadas de unidades tomadoras de decisão (DMU, da sigla em inglês *Decision Making Units*), comparando entidades que produzem tarefas semelhantes e que se diferenciam pela quantidade de recursos utilizados (*inputs*) e de bens produzidos (*outputs*). Este modelo é uma ferramenta adequada, tanto para avaliar a eficiência relativa das DMUs como para o estabelecimento de metas para DMU's consideradas ineficientes [16].

Foram estudadas 38 unidades hospitalares durante o período de 2005 a 2009 e com base em estudos anteriores, foram escolhidos os seguintes inputs:

- Número de médicos das unidades de saúde [9];
- Número de enfermeiros das unidades de saúde [9] [17];
- Número de auxiliares das unidades de saúde [9] [12];
- Total de despesas correntes [17].

Quanto aos outputs foram utilizados no estudo:

- Número de cirurgias [9];
- Número de doentes saídos durante o ano da unidade hospitalar [8] [12];
- Número de consultas realizadas durante o ano [9] [12];
- Número de urgências realizadas durante um ano [9] [12].

Os dados relativos às unidades de saúde públicas foram retirados do site oficial da Administração Central do Sistema de Saúde ([www.acss.min-saude.pt](http://www.acss.min-saude.pt)). Quanto aos dados relativos às unidades de saúde privadas foram fornecidos pelas próprias entidades.

## 7.ANÁLISE DE RESULTADOS

Os dados utilizados foram tratados no programa informático MAXDEA.

Os resultados do modelo DEA são apresentados de uma forma mais detalhada no trabalho de Gomes e Samagaio [4] e demonstram que as unidades com maior eficiência durante o período de 2005 a 2009, foram o hospital da Figueira da Foz, hospital privado da Boa Nova e o hospital de São João. Com um desempenho oposto encontra-se o hospital CUF Descobertas, hospital Privado da Trofa e hospital do Baixo Alentejo.

Os resultados da regressão linear possuem uma grande robustez e são perentórios ao demonstrarem que todas as variáveis utilizadas no estudo possuem associação linear com a variável dependente da eficiência.

Resultados da regressão linear						
		Cert	Dim	Prop	Loc	R2 Ajustado
Y = DEA	<i>Coef.</i>	2,6391	0,0003	0,5186	0,2635	0,8200
	<i>p-value</i>	8,78E-07	0,0021	2,00E-17	2,72E-07	
						Grau de Significância
						0

## 8. CONCLUSÕES

O presente estudo teve como finalidade a análise dos impactos das certificações de Qualidade na eficiência das unidades hospitalares portuguesas.

O estudo concluiu que as certificações de Qualidade contribuem positivamente para a melhoria da eficiência hospitalar em todo o tipo de hospitais estudados. O estudo demonstra ainda que possuem uma eficiência superior, os centros hospitalares que se localizam em áreas metropolitanas e os que possuem uma propriedade estatal. Conclui ainda, que a crescente dimensão dos centros hospitalares provoca semelhante efeito na sua eficiência. Este comportamento poderá ser explicado pelo aproveitamento de sinergias e pelo maior investimento feito em hospitais de grande dimensão [5] [6].

Deste modo o estudo corrobora parte das pesquisas efetuadas e anteriormente referidas. Comprova que os determinantes da Qualidade e performance hospitalar como a localização, dimensão e estrutura da propriedade também se verificam nas unidades de saúde portuguesas [14] [15] [3] [6] [5]. No entanto, demonstra que em Portugal se verificam tendências opostas quanto à estrutura da propriedade, pois são os hospitais Entidade Pública Empresarial (EPE) a revelarem melhores indicadores face a hospitais privados.

O estudo pode ser igualmente uma importante ferramenta de planeamento estratégico da gestão hospitalar, uma vez que demonstra que as certificações de Qualidade podem produzir efeitos positivos

nas unidades de saúde que as adotam. Alerta ainda as autoridades para o facto de que se as certificações de Qualidade melhoram a eficiência das unidades de saúde, devendo algumas barreiras à sua implementação, como a burocracia, ser atenuadas ou mesmo eliminadas, para o bem dos cidadãos.



## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Buttle, F. (1996) "ISO 9000: Markting motivations and benefits". *Manchester Business School*, UK.
- [2] Depexe M., Paladini, E. (2007) "Dificuldades relacionadas à implementação e certificação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras". *Revista: Gestão Industrial* Vol.3: 14 - 15.
- [3] Forbes, M.; Harslett, P.; Mastoris, I.; Risse, L. (2010). "Quality of care in Australian public and private hospitals", presented at *Australian Conference of Health Economists*, Sidney: 14.
- [4] Gomes, David; Samagaio, António, (2011), "certificações de qualidade nos centros hospitalares portugueses: determinantes e consequências da sua adoção", *Tese de mestrado, Academia da Força Aérea Portuguesa*, Portugal.
- [5] Letta, Jennifer, L. (2006) "Shoud the different Standards of Quality of Care Exist for Rural and Urban Settings and what Factors Contribute to these Differences?", *tese de mestrado na Wichita State University*, E.U.A.;37.
- [6] Lutfyya, M., Bhat, D., Gandhi, S., Nguyen, C., Hoper, V. e Lipsky, M., (2006) "A comparison of quality of care indicators in urban acute care hospitals and rural critical access hospitals in the United States", *International Journal for Quality in Health Care*, Volume 19, Issue 3; 141 a 149.
- [7] Poksinska, B. (2007) "ISO 9000 is not an economic disease", *Lund University*. Suécia.
- [8] Rayner P. e Porter L.J. (1991) "BS5750/ISSO 9000- the experience of small and medium-sized firms", *International Journal of Quality & Reability Management*, Vol 8, no 6; 17-25.
- [9] Rego, G., Nunes, R., Cost, J. (2009) "The challenge of corporatization the experience of Portuguese public hospitals", *The European Journal of health economics*, volume 11, nº 4. Porto – Portugal.
- [10] Staines, A. (2000), "Benefits of an ISO 9001 certification – the case of a Swiss regional hospital", *International Journal of Health Care Quality Assurance*. Bradford: Vol. 13, Iss. 1; 27.
- [11] Siddiqui, N; Khandaker, S. Ali, (2007), "Comparison of services of Public, Private and Foreign Hospitals from the Perspetive of Bangladeshi Patients", *International Centre for diarrhoeal disease research*, Bangladesh.
- [12] Simões, Pedro; Cunha Marques, Rui. (2009) "Performance and Congestion Analysis of the Portuguese Hospital Services", *MPRA Paper No. 16940*, posted 26. Lisbon, Portugal.
- [13] Souza, Teofânia e Lacerda, Pítias. (2009) "Planejamento Estratégico e Qualidade: Acreditação hospitalar- um estudo de caso no hospital Vita Volta Redonda". *V CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO*, Gestão do Conhecimento para a Sustentabilidade. Niterói, RJ, Brasil, 2, 3 e 4.
- [14] Taner, T., Antony, J. (2006), "Comparing public and private hospital care service quality in Turkey", *Leadership in Health Services* Vol. 19 No. 2: 2 - 7.
- [15] Vieira, M. (fevereiro de 1996), "Eficiência Técnica Hospitalar: estudo comparativo", *Revista Portuguesa de Saúde Pública*: 53 - 63.
- [16] Wilhelm, Volmir Eugênio. Souza, Paulo Cesar Tavares. (2008) "Uma introdução aos modelos DEA de eficiência técnica". *Tese de mestrado, Universidade Federal do Paraná*.
- [17] Zere, Eyob; Mbeeli, Thomas; Shangula, Kalumbi; Mandlhate, Custodia; Mutirua, Kautoo; Tjivambi Ben; Kapenambili William. (2006) "Technical efficiency of district hospitals: Evidence from Namibia using Data Envelopment Analysis". *BioMed central*, 2006: 4 - 6.



## **Academia da Força Aérea**

Granja do Marquês – 2715-021 Pêro Pinheiro

Tel.: 219 678 956 – Fax: 219 678 956



Entrada principal da Academia da Força Aérea

