



Revista Científica Academia da Força Aérea

“E não menos por Armas que por Letras”



N.º 4, publicação anual, 2014

ISSN 2277-8111

REVISTA CIENTÍFICA
ACADEMIA DA FORÇA AÉREA





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



Joaquim Manuel Nunes Borrego
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, no domínio da investigação científica, designadamente Teses de Mestrado e Doutoramento e Trabalhos de Final de Curso.

As opiniões expressas nesta revista pertencem aos respectivos autores.



Revista Científica Academia da Força Aérea

Índice

Ficha Técnica	8
Abertura	10
José António de Magalhães Araújo Pinheiro, General, Chefe do Estado-Maior da Força Aérea	
Editorial	12
Joaquim Manuel Nunes Borrego, Major-General Piloto Aviador, Comandante da Academia da Força Aérea	
Introdução	14
Rui Manuel Pires de Brito Elvas, Coronel Piloto Aviador, 2.º Comandante da Academia da Força Aérea	
Política Externa da Federação Russa: Orientação da Política de Segurança e Defesa da Rússia do Séc. XXI	16
Gheorghe Mudric, Aspirante Aluno do Mestrado Integrado na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica	
O Produto da Força Aérea	26
João Franco, Aspirante Aluno do Mestrado Integrado na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica	
ISR e Conhecimento da Força Aérea na Zona Económica Exclusiva	38
Luís Dias, Aspirante Aluno do Mestrado Integrado na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica	
Validação de um Sistema DGPS para Navegação de UAV do Projeto PITVANT	48
Pedro Marques, Aspirante Aluno do Mestrado Integrado na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica	
Projeto e Implementação de Sistema de Sensores para Determinação Automática de Peso e Centragem de UAV	62
Diogo Barata, Aspirante Aluno do Mestrado Integrado na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica	
Estudo do Comportamento de Resíduos de Construção e Demolição Aplicados em Camadas não Ligadas de Pavimentos	72
Ricardo Simões, Alferes Aluno do Mestrado Integrado na Especialidade de Engenharia de Aeródromos	
Implementação de Automatismo na Transferência e Análise de Dados de Monitorização do Helicóptero EH101	90
Marco Nunes, Alferes Aluno do Mestrado Integrado na Especialidade de Engenharia Eletrotécnica	
Drogas Recreativas – O Coração do Prazer Recreational Drugs – The Heart of Leisure	110
Inês Passos, Alferes Aluna do Mestrado em Medicina	

Cirurgia Torácica Videoassistida por Porta Única Um Caso de Adenocarcinoma do Pulmão	122
Gustavo de Almeida, Alferes Aluno do Mestrado em Medicina	
Áreas de Segurança para Manutenção e Manuseamento de Explosivos e Munições	134
Juliana Faria, Tenente Aluna do Curso de Licenciatura de Tecnologias Militares Aeronáuticas na Especialidade de Armamento e Equipamentos de Voo e Sobrevivência	
Ana Mendes, Aspirante Aluna do Curso de Licenciatura de Tecnologias Militares Aeronáuticas na Especialidade de Armamento e Equipamentos de Voo e Sobrevivência	
Certificados de Aeronavegabilidade - Emissão de Certificados de Aeronavegabilidade para os Sistemas de Armas da Força Aérea	152
Ivanilda de Fátima Vaz Té, Aspirante Aluna do Curso de Licenciatura de Tecnologias Militares Aeronáuticas na Especialidade de Técnico de Manutenção de Material Aéreo	



ESPAÇO – FORÇA – VELOCIDADE
Aos Fundadores da Academia da Força Aérea

Ficha Técnica

- Diretor:** **Comandante da Academia da Força Aérea**
Major-General Piloto Aviador Joaquim Manuel Nunes Borrego
- Conselho Editorial:** **2.º Comandante da Academia da Força Aérea**
Coronel Piloto Aviador Rui Elvas
Chefe do Gabinete de Avaliação e Qualidade
Coronel da Polícia Aérea Vítor Baptista
Assessor do Comando
Coronel Engenheiro Eletrotécnico Hélio Fernandes
Comandante do Corpo de Alunos
Coronel Piloto Aviador Rui Tendeiro
Diretor do Ensino da Academia da Força Aérea
Coronel Engenheiro Aeronáutico José Santiago
Chefe do Gabinete de Estudos e Planeamento
Coronel Engenheiro de Aeródromos Carlos Rosa Pereira
Diretor do Centro de Investigação da Academia da Força Aérea
Coronel Engenheiro Eletrotécnico José Morgado
- Conselho Consultivo:** **Tenente-Coronel Navegador Carlos Páscoa (EMFA)**
Doutor em Engenharia Informática e de Computadores, ramo Sistemas de Informação, pelo Instituto Superior Técnico.
- Tenente-Coronel Piloto Aviador João Vicente (IESM)**
Doutor em Relações Internacionais, especialidade de Estudos de Segurança e Estratégia, na Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa;
Mestre em Estudos da Paz e da Guerra nas Novas Relações Internacionais, pela Universidade Autónoma de Lisboa;
Master of Military Operational Art and Science, pela Air University, Alabama, EUA.
- Tenente-Coronel de Administração Aeronáutica Jorge Pimentel (AFA)**
Mestrando em Estudos da Paz e da Guerra, na Universidade Autónoma de Lisboa;
Pós-graduado em Contabilidade, pelo Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa;
Pós-graduado em Fiscalidade, pelo Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa.
- Tenente-Coronel Engenheira Aeronáutica Maria Madruga (AFA)**
Doutora em Engenharia Mecânica, pela *Florida State University, EUA.*
- Major Técnico de Operações de Detecção, Conduta e Interseção Luís Rocha (AFA)**
Doutorando em Relações Internacionais;
Mestre em Relações Internacionais, pela Universidade Autónoma de Lisboa.
- Major Engenheira Eletrotécnica Maria Nunes (AFA)**
Doutora em Engenharia Aeroespacial, pela Faculdade de Aeronáutica e Astronáutica da Universidade das Forças Armadas, Munique, Alemanha.
Mestre em Posicionamento e Navegação por Satélite, pela Fac. de Ciências da Universidade do Porto.
- Major Engenheiro Aeronáutico Carlos Silva (AFA)**
Doutor em Engenharia Mecânica, pela Universidade de Victoria, Canadá;
Mestre em Engenharia Mecânica, pela Universidade de Victoria, Canadá.
- Capitão Engenheira de Aeródromos Rute Ramalho (AFA)**
Doutora em Engenharia Civil, ramo de Vias de Comunicação, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto;
Mestre em Vias de Comunicação, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Capitão Psicóloga Cristina Fachada (AFA)**
Doutoranda em Psicologia, na Faculdade de Psicologia da Universidade de Lisboa;
Mestre em Políticas de Desenvolvimento dos Recursos Humanos, pelo Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa.
- Capitão Engenheiro Aeronáutico Luís da Silva Félix (AFA)**
Doutor em Engenharia Aeroespacial, no Instituto Superior Técnico.

Propriedade: Academia da Força Aérea

Título: Revista Científica da Academia da Força Aérea

Foto da Capa: ISR e a Extensão da Zona Económica Exclusiva

Periodicidade: Anual, Número 4, 2014

Contra Capa: Complexo desportivo da Academia da Força Aérea

Paginação, Impressão e Acabamento: Alves&Albuquerque - RAL - Sintra - www.pre-e-press.com

ISSN: 2182-2174

Depósito legal: 328295/11

Tiragem: 750 exemplares

Distribuição gratuita

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

Correio eletrónico: gabcmd@academiafa.edu.pt





É na Academia da Força Aérea (AFA) que se constrói muito do futuro da Força Aérea, porquanto, através da formação dos seus quadros, se edificam os pilares deste Ramo das Forças Armadas que, permanentemente, exige ser atual, tecnologicamente avançado e capaz. O lema da AFA, “*E não menos por armas que por letras*”, é orientado por este ideal, conciliando aos seus alunos uma formação comportamental, assente numa sólida educação militar, moral e cívica, tendo em vista o desenvolvimento de qualidades de comando, direção e chefia, inerentes à condição militar, e uma vincada formação científica que lhes confere as competências indispensáveis ao desempenho de funções no âmbito das respetivas especialidades.

Hoje, o ensino universitário tem de estar, indubitavelmente, articulado com uma forte componente de investigação. Neste contexto, relevo o trabalho desenvolvido pela AFA, que de forma autónoma ou em cooperação com outras instituições congéneres, nacionais e estrangeiras, permite que esteja na vanguarda em alguns aspetos do conhecimento.

Consistindo a essência do conhecimento na sua aplicação uma vez possuído, é gratificante constatar a ligação muito estreita entre a nossa Academia e os diversos departamentos da Força Aérea, fazendo com que alguns projectos desenvolvidos pelos alunos e docentes, respondendo a objetivos e necessidades específicas do Ramo, venham a ser implementados, constituindo-se por isso como uma mais-valia para a Força Aérea e, naturalmente, um forte incentivo e motivação para os respetivos autores.

É, portanto, com enorme orgulho pessoal e institucional que apoio a publicação desta Revista Científica da AFA, que agrega os melhores trabalhos de final de curso dos nossos alunos, a quem deixo uma palavra de muito apreço e especial estímulo pelo trabalho desenvolvido.

Aos professores e orientadores que acompanharam os alunos no caminho, nem sempre fácil, do sucesso, o meu agradecimento e reconhecimento pelo apoio e dedicação à arte de ensinar e formar os Comandantes de amanhã.



Brasão do Chefe do Estado-Maior da Força Aérea



É hoje inquestionável a crescente necessidade do papel das Forças Armadas na afirmação de um Estado moderno, democrático e inserido num contexto internacional onde as responsabilidades, incluindo as decorrentes dos compromissos com as alianças a que pertencemos, se perfilam como incontornáveis.

É neste cenário de confronto algo difuso, mas de complexidade evidente, coexistente com um acelerado desenvolvimento tecnológico e científico, que a missão da Força Aérea se desenvolve.

Consequentemente, o ensino ministrado na Academia da Força Aérea tem, necessariamente, de proporcionar:

- Uma formação científica de base destinada à aquisição de conhecimentos, bem como o desenvolvimento de uma dinâmica intelectual que propicie um permanente acompanhamento da evolução do saber;
- Uma formação científica de índole técnica e tecnológica destinada a satisfazer as qualificações profissionais;
- Uma forte preparação física e militar, destinadas a conferirem o necessário desembaraço e treino indispensáveis para fazer face ao cumprimento das variadas missões;
- E, por último, mas de importância capital, uma sólida formação ético-comportamental, tendente a desenvolver nos futuros oficiais os imprescindíveis atributos de carácter, sentido do dever e o culto das virtudes militares e as qualidades de comando e liderança inerentes à condição militar.

O maior ou menor sucesso da Força Aérea no futuro depende, em larga medida, do que conseguimos transmitir, de forma duradoura, aos nossos alunos porque aqui estão os chefes do amanhã.

Estamos, pois, fortemente empenhados em providenciar uma formação de qualidade, seguindo padrões de excelência e de inovação, onde os níveis de rigor e exigência são, e continuarão a ser, muito elevados. Com estes pressupostos, pretendemos, com a 4ª edição da Revista Científica da Academia da Força Aérea, levar ao conhecimento público uma seleção dos trabalhos desenvolvidos no âmbito dos cursos ministrados no nosso Estabelecimento de Ensino Superior Público Universitário Militar.

Relevo todo o meu apreço a todos os que colaboraram nesta publicação, cujo empenho e profissionalismo demonstrado permitiram alcançar com sucesso este projeto. Bem-hajam



Brasão do Comandante da Academia da Força Aérea

Introdução



Nesta 4ª edição da Revista Científica da Academia da Força Aérea são divulgados os melhores trabalhos de investigação levados a cabo pelos alunos no ano letivo de 2013/2014.

Estes trabalhos refletem a preocupação permanente deste Estabelecimento de Ensino Superior Público Universitário Militar de proporcionar uma formação destinada a potenciar o pensamento científico, através do incentivo às atividades de investigação, desenvolvimento e inovação, em áreas de interesse para a Força Aérea, e consequentemente para a Segurança e Defesa Nacional.

Este ano os trabalhos enquadram-se nas áreas das Tecnologias Aeronáuticas, da Engenharia Organizacional, Relações Internacionais, Saúde, Engenharia de Aeródromos e em outros domínios técnicos de especialidades que em muito também contribuem para o produto operacional da Força Aérea.

No âmbito das Tecnologias Aeronáuticas os dois trabalhos apresentados dão um contributo importante ao contínuo desenvolvimento do Projeto de Investigação e Tecnologia em Veículos Aéreos Não-Tripulados (PITVANT). O desenvolvimento de uma aplicação informática e a integração de sensores na plataforma, que permite determinar automaticamente o peso e a centragem, conferindo uma maior segurança à operação do PITVANT e a validação do DGPS (*Differential Global Positioning System*) que possibilita uma melhoria significativa na precisão das rotas a voar e nas aterragens autónomas daqueles equipamentos.

Na área da Saúde temos como primeiro trabalho o estudo sobre os efeitos das drogas chamadas de recreativas no sistema cardiovascular e o segundo trabalho mais técnico apresenta a técnica de cirurgia torácica vídeo-assistida por porta única em doentes com cancro do pulmão.

O trabalho sobre a Política Externa da Federação Russa, que se insere na Área de Investigação das Relações Internacionais, dá-nos uma perspetiva muito clara em como aquele país se posiciona na vanguarda dos Estados que pretendem afirmar-se na cena internacional, e o forte empenho em consolidar uma posição de liderança na sua vizinhança mais próxima.

A Engenharia Organizacional é outra das Áreas de Investigação já com considerável produção científica com aplicação direta à nossa Organização. O trabalho apresentado nesta área pretende aplicar conceitos das organizações e empresas civis à Força Aérea, salvaguardando contudo que esta é uma organização militar e de carácter não lucrativo.

O facto de Portugal possuir uma vasta plataforma continental, que poderá ainda ser estendida para além das 200 milhas náuticas, foi também tema de um dos trabalhos, caracterizando o papel da Força Aérea, em coordenação com a Marinha, na vigilância e controlo desses espaços, de importância vital para a soberania nacional.

Na área das Engenharias releva-se o estudo sobre o comportamento dos resíduos de construção aplicados em camadas não ligadas de pavimentos, solução que é tecnicamente viável e de especial interesse ambiental e económico porque permite utilizar materiais reciclados.

Os dois artigos que encerram a revista abordam temas ligados diretamente à área operacional, nomeadamente a metodologia de cálculo do risco com o estacionamento de aeronaves com matérias perigosas ou com LWEP (*Live Weapons Emergency Procedures*); e o processo de normalizar a emissão de certificados de aeronavegabilidade a todas as frotas da força Aérea.



CHIPMUNK MK20
Aeronave de instrução elementar de pilotagem

Política Externa da Federação Russa: Orientação da Política de Segurança e Defesa da Rússia do Séc. XXI



Autor: Gheorghe Mudric, Aspirante Aluno do Mestrado Integrado
na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica
Academia da Força Aérea, Sintra

Orientador: Professor Doutor Heitor Barras Romana
Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas, Lisboa

Resumo. Um dos atores internacionais onde as questões relativas a segurança e defesa se revelam mais importantes é a Federação Russa, fundamentado, principalmente, pela sua reemergência com uma projeção geopolítica e geoestratégica. Atualmente a comunidade internacional sofre de um morfismo, consequência da afirmação das potências emergentes. A Federação Russa posicionou-se na vanguarda dos Estados que pretendem reforçar-se na estrutura do sistema internacional assente na multiplicidade dos centros de decisão. Contudo, a Rússia pretende manter uma posição neutra relativamente aos vários blocos e um afastamento das políticas isolacionistas, seguidas pela ex-URSS. No que respeita à UE, o seu posicionamento está fortemente condicionado face ao potencial estratégico ao nível dos recursos energéticos e da sua utilização em termos políticos. Simultaneamente, a vizinhança próxima, a sua principal área de influência, é o espaço onde esta pretende consolidar uma posição de liderança, tendo presente o constante confronto político tanto com os parceiros ocidentais como com os parceiros asiáticos. Para a luta bem-sucedida contra os desafios da era pós-moderna, o Kremlin centra-se na afirmação política em função do aumento da consistência em organizações a que pertence, nomeadamente a ONU, a OTSC e a OCX, vitais para a prossecução da sua estratégia política.

Palavras-chave: Segurança; Defesa; Relações Internacionais; Política Externa; Poder.

1. INTRODUÇÃO

O tema do presente artigo é relativo a orientação das políticas de segurança e defesa seguidas por Moscovo desde o início deste milénio. A Federação Russa tem demonstrado vontade e ambição por forma a reintegrar o grupo das principais potências do mundo, primando por um sistema com vários centros de decisão. Nos vários quadros regionais promove políticas intensivas de cooperação junto das ex-Repúblicas da União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), seguindo políticas semelhantes com os principais atores destas áreas. Com a revitalização da sua economia, assente nos dois principais setores produtivos do Estado, o setor energético e o Complexo Industrial Militar (CIM), restabeleceu grande parte do seu poder e da sua influência, principalmente na vizinhança próxima.

Neste contexto, procurou-se analisar mais afincadamente as intenções, as ambições e os resultados das políticas de segurança e defesa da Federação Russa, traçando desta forma algumas linhas caracterizadoras da orientação destas políticas, por forma a disponibilizar um maior conhecimento para o entendimento de um dos principais atores do sistema internacional.

Assim sendo, considerou-se a seguinte pergunta de partida:

Qual é a orientação política de segurança e defesa da Rússia no século XXI?

Tendo em conta a questão, revelada acima, foram estudados vários aspetos, considerados relevantes por forma a conseguir uma resposta adequada. Analisou-se geopoliticamente a Estratégia da Defesa Nacional da Federação Russa até 2020 (EDNFR), analisou-se igualmente o

contexto eurasiático, a vizinhança próxima, as características do setor energético e o quadro geopolítico e geoestratégico da Ásia-Pacífico.

2. SEGURANÇA E DEFESA NA FEDERAÇÃO RUSSA

Os principais termos operacionais utilizados foram a segurança e a defesa. Por forma a defini-los considerou-se a aproximação do Almirante António Silva Ribeiro, que reitera que “*a conservação da sociedade política apoia-se em medidas de política interna e externa, e está associada à noção de segurança, fim último ou teleológico do Estado e condição essencial à manutenção da sua identidade, individualidade e sobrevivência, através da edificação, estruturação e emprego de capacidades estratégicas de qualquer natureza*”, sendo que para este efeito associa o objeto da defesa ao “*contexto da realização das medidas e ações*”. Desta forma pode-se entender que as estratégias são um elemento fundamental para a consagração e manutenção da segurança. Estas, por sua vez, são determinadas em função do poder que um determinado ator possui. O poder torna-se assim um dos elementos mais importantes e, ao mesmo tempo, dos mais básicos na hierarquia da segurança. Para tal, atualmente são considerados vários tipos de poder, sendo que para a presente investigação foram analisados os seguintes o *Soft Power* e o *Hard Power*.

Na Federação Russa estes termos têm uma importância específica. O Tenente-General Mikhail Kucheriavy em 2013 identifica quatro principais categorias onde consagra as principais ameaças para a segurança e defesa da Rússia.

Assim na primeira categoria considera as ameaças geopolíticas. Os principais pontos da situação geopolítica da Federação Russa potencialmente afetadas integram-se nos interesses geopolíticos russos, no posicionamento geopolítico e o estatuto na sociedade internacional. As outras problemáticas consideradas nesta categoria têm a ver com as eventuais agressões a integridade territorial da Rússia e a tentativa de influenciar a política externa russa.

Na segunda categoria considera as ameaças de caráter geoeconómico. Neste campo explica que tais ameaças prendem-se com questões que poderiam afetar os interesses económicos da Rússia, pondo em risco a sua posição nas relações económicas internacionais. Da mesma forma poderiam dificultar o crescimento do potencial económico do país, do aumento da qualidade de vida do povo e danificar os planos para a consolidação das capacidades de defesa nacional.

A terceira categoria que Kucheriavy refere, diz respeito aos perigos do setor energético e dos outros recursos, pelos quais a Federação Russa é referenciada. A principal preocupação neste caso específico é relativa ao facto de que estes perigos possam prejudicar o progresso da Rússia na aspiração de se tornar uma das potências energéticas mundiais. Uma das formas que este problema tem sido evidenciado é através de reivindicações por parte dos outros atores da comunidade internacional, principalmente os que dependem das importações, em função da ausência de reservas energéticas.

A quarta categoria reflete a problemática de uma eventual ameaça militar. Segundo Mikhail Kucheriavy, a eliminação destas ameaças passa pela defesa contra uma eventual agressão militar à Federação Russa, e pela não admissão de um tal acontecimento contra os contingentes militares e até contra o povo civil, independentemente da sua localização.

Por forma a conseguir potenciar uma defesa eficaz e eficiente contra todos os desafios e ameaças atingindo um nível de segurança adequado, o Presidente Vladimir Putin tem incentivado para a reforma e a modernização de todos os elementos que contribuem, estabilizando a situação interna e usufruindo de um acréscimo de poder e influência na arena internacional.

3. ANÁLISE GEOPOLÍTICA DA ESTRATÉGIA DA DEFESA NACIONAL DA FEDERAÇÃO RUSSA

A elevada velocidade de alteração da conjuntura internacional e nacional, levaram a Federação Russa, ainda sob a presidência de Medvedev, a aprovar em Maio de 2009 uma nova “Estratégia da Defesa Nacional da Federação Russa até 2020”. Este veio a ser o único documento com estas características desde o documento de 1997, modificado em 2000, com a chegada de Vladimir Putin ao poder. A principal característica sublinhada internacionalmente é o “compromisso” em termos de assuntos abordados, *“Contrary to what was widely expected, the new security concept has stronger conciliatory character”*.

A análise da EDNFR permitiu extrair alguns pontos que se destacam. Em primeiro lugar, e como afirmam vários autores, este documento representa uma das estratégias mais complexas e abrangentes desde a queda da URSS. Ao mesmo tempo que delibera a importância da primazia de um sistema internacional multipolar, assume a necessidade da aposta na instrumentalização da Organização do Tratado de Segurança Coletiva (OTSC), para responder tanto as ameaças regionais como as internacionais.

Uma das surpresas para a comunidade internacional assenta na ausência da centralidade das políticas para a defesa, tal como acontecia nos documentos anteriores. Dando-se uma relevância acrescida a questões relacionadas com a economia, nomeadamente, a problemática da dependência económica da Rússia do setor energético e a importância de mobilizar esforços e criar políticas por forma a equilibrar o nível de desenvolvimento quando são comparadas as regiões asiáticas, sobretudo subdesenvolvidas, às regiões europeias da Federação Russa.

Na sua essência a EDNFR representa uma evolução do discurso e da mentalidade política desde a chegada ao poder de Putin, tal como se pode entender no CPEFR de 2013, em que Monaghan sublinha *“it serves as both a marker of the country’s evolving understanding of international affairs”*. É possível igualmente destacar uma evolução na definição do conceito de Segurança. No seguimento da afirmação de Giles, *“with its upbeat tone and air of aspiration, and its step away from the narrative of victimhood, it is a product of a Russian leadership that feels stronger and more confident of its ability to influence the world”*, pode-se resumir que o

desenvolvimento atingido nos últimos anos permitiram aos dirigentes russos concentrar a sua atenção para uma maior expressão internacional e uma aproximação estratégica diferenciada, não esquecendo os desafios e as complexidades internas.

É com base neste documento estruturante do Estado russo que este define a sua política externa.

3.1 Processo de decisão da Política Externa

O processo de elaboração e de decisão da Política Externa da Federação Russa é uma questão altamente debatida, principalmente pelo interesse e necessidade de entendimento deste processo, tendo em conta as mutações que o próprio Estado russo, sofridas durante o último século. Victor Averkov afirma que este processo atualmente é caracterizado por três fatores: “experiência das instituições da URSS, redução do papel das instituições e a procura da substituição destas por redes de relações pessoais paralelas, incremento da importância do papel pessoal da liderança do país no processo de tomada de decisão”. Desta forma pode considerar-se que este é um processo, essencialmente, centralizado.

Com a chegada ao poder em 2000, Vladimir Putin assegurou-se de que uma matéria tão sensível e de extrema importância na agenda do Estado seja feita a uma só voz e que reflète uma única ideologia, sendo o Presidente a figura central. Assim sendo, as aspirações e ideias do Presidente consagram as orientações de um país inteiro. Não se deve menosprezar o grupo de personalidades que integram a equipa governativa. Isto deve-se ao facto de uma das principais características do processo de decisão e de execução das questões mais sensíveis para o estado “apoiar-se num sistema de relações pessoais”. É por isso que surge a aparência de uma política baseada nos “interesses corporativos e individuais francamente definidos pelas instituições”, associado à “ideologias bem conceptualizadas de que a Federação Russa é uma grande potência”.

Uma das dificuldades e especificidades deste “jogo político” é a manutenção do equilíbrio das tendências da Política Externa (PE) por parte do Presidente, atendendo a todos os atores, ou seja, tendo em conta as ideologias de todos os políticos essenciais. A função de Putin é dificultada pois tem a obrigação e a necessidade de encontrar soluções pacíficas.

4. NEAR ABROAD

Uma das áreas de influência com maior interesse para a Federação Russa é a sua vizinhança próxima, conhecida no ocidente pela expressão *Near Abroad*. Este surgiu em plena revolução na geopolítica mundial, nomeadamente após a implosão da URSS, que originou um conjunto de 15 novos Estados. Nesta nova realidade, confrontados com a problemática da interdependência, muitos destes consideraram que deveriam manter os laços de cooperação, tendo sido fundada a Comunidade dos Estados Independentes (CEI), onde apenas os três países bálticos, a Estónia, Letónia e Lituânia, não integraram.

Apesar de muitos planos de cooperação, o período que se seguiu após a formação da CEI é dominado por grandes conturbações, tendo em conta a alteração de regimes políticos em vários Estados pertencentes a esta organização. Factos resultantes da tomada de posse de defensores de políticas de afastamento da Rússia e uma política de aproximação ao ocidente e aos Estados Unidos da América (EUA).

Em termos práticos a organização não tem produzido muitos resultados, tendo-se até verificado saídas, como por exemplo a Geórgia. Sendo estas regiões as primeiras áreas de influência de Moscovo, o poder governante do Kremlin tem criado vários outros organismos mais eficazes e com resultados e projecção mais evidentes do que a CEI.

Um destes é a OTSC, tendo esta sido criada para fomentar a segurança e defesa coletiva. A constituição da OTSC remonta a 1992, com a designação inicial de Tratado de Segurança Coletiva (TSC). Sendo Moscovo, o principal impulsionador desta organização de cariz político-militar, e tendo em conta a situação interior complicada que atravessava a Rússia na última década do século XX, a TSC é caracterizada igualmente de grande instabilidade.

Só em 2002, Putin sentindo a necessidade acrescida de criar um bloco capaz de fazer frente às ameaças do período pós-moderno, o projeto regional foi galvanizado, passando a denominar-se de Organização do Tratado da Segurança Coletiva (OTSC), sendo também formalizada junto da Organização das Nações Unidas (ONU). Nesta altura o principal objetivo era a projecção da organização a nível regional, por forma a responder aos desafios existentes, promovendo um estatuto igualitário ao da OTAN.

Um dos momentos altos para a Federação Russa consagrou-se em Dezembro de 2011. Nesta altura tinha decorrido a Cimeira da OTSC em Moscovo, do qual resultou um acordo entre os membros da organização. *“An accord has been reached to coordinate the deployment, in the territory of the CSTO states, of military infrastructure facilities belonging to non-CSTO states. In order to deploy military bases of a third country in the territory of the CSTO member-states, it is necessary to obtain the official consent of all its members”*, declarações do Presidente do Cazaque Nursultan Nazarbayev. Conseguindo assim Moscovo certificar-se de que os EUA e a Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) se mantivessem fora do seu espaço de influência. Neste contexto, a partir de 2014, ano em que expira o acordo entre Quirguistão e EUA para o uso pelas forças da aliança da base de Manas, não haverá nenhuma força da OTSC nos territórios dos membros desta organização.

Estes progressos para a Rússia têm sido os primeiros passos por forma a saciar as suas necessidades estratégicas de edificar e manter um bloco capaz de fazer frente as principais ameaças para Moscovo e seus principais aliados.

5. COMPONENTE ENERGÉTICA NA POLÍTICA EXTERNA

A história do poder energético da Rússia representa um capítulo altamente conturbado. A queda da URSS originou um vazio de poder coerente por forma a controlar as principais atividades do Estado e os seus setores produtivos, dando-se início a um ciclo de privatizações, principalmente nos setores energéticos e na indústria militar.

A evolução deu-se com a chegada de Putin ao poder em 2000. Das primeiras decisões políticas do recém-eleito Presidente russo, foi a estatização das empresas com valor estratégico, nomeadamente, as empresas petrolíferas e as empresas que constituem o Complexo Industrial Militar (CIM). Neste momento o Estado russo controla e define toda a política relativamente à produção e à exportação energética. A riqueza neste sector, na Rússia, não é sustentada apenas pelas reservas enormes mas igualmente pela variedade dos recursos naturais, sendo o outro fator que lhe confere um estatuto de topo no capítulo energético, é o domínio dos fluxos que transporta estes recursos, nomeadamente, os gasodutos e os oleodutos.

No quadro europeu, a Federação Russa é o maior exportador singular de recursos energéticos. Torna-se imperativo especificar que o seu potencial energético é, sem qualquer dúvida, uma variável influente na PE para a Europa, e da Europa para a Rússia.

A dependência energética de União Europeia (EU). Não é uniforme pelos países europeus, sendo o leste e o centro mais dependentes das exportações russas, que por exemplo Portugal e Espanha que têm uma dependência nula. Contrariamente, outros países, como os países Bálticos, esta atingiu os 100%, fator alarmante para a segurança da UE.

No contexto asiático o mercado desta região representa grandes potencialidades, principalmente por causa das potências emergentes, com a China e a Índia. Para tal a Federação Russa tem investido fortemente no desenvolvimento das suas capacidades produtivas e exportadoras, tal como infraestruturas com capacidades de exportar recursos energéticos, sendo um desses exemplos o oleoduto *Eastern Siberia-Pacific Ocean* (ESPO). O oleoduto ESPO não só permite exportar petróleo mais rapidamente para o principal consumidor energético da Ásia, como para outros consumidores do Pacífico, que podem usufruir deste recurso através do porto marítimo russo de Kozmino, sendo este um dos destinos do oleoduto em questão.

Quanto à Índia, os maiores campos de cooperação no setor energético com a Rússia até este momento verificam-se na área da energia nuclear, sendo a Federação Russa principalmente um exportador de tecnologia.

O mercado asiático representa um potencial enorme para as exportações russas, ao mesmo tempo que poderá vir a servir de alternativa ao principal mercado energético de Moscovo, o mercado europeu.

6. ÁSIA-PACÍFICO

A região da Ásia-Pacífico tem dado argumentos para ter um potencial incalculável, tendo como principais razões o dinamismo económico e político superior ao de outras regiões, *“contemporary Asia has assumed primary importance as a centre of global politics and economic dynamism”*.

O poder massivo que se tem desenvolvido no Leste asiático não passa despercebido em Moscovo. A importância da região Ásia-Pacífico é reconhecida no Conceito da Política Externa da Federação Russa, *“the global power and development potential is now more dispersed and is shifting to East, primarily to the Asia-Pacific region”*.

Da mesma forma que a Rússia assume em CPEFR e como Vladimir Putin sublinhou, a região em questão assume especial relevo para Moscovo, não pelo facto do crescimento da China ser uma ameaça para os russos, mas sim por demonstrar ser uma oportunidade para a economia russa. Putin insistiu na necessidade de incitar a cooperação sino-russa tendo em conta que *“combining the technological and productive capabilities of our two countries and tapping China’s potential - judiciously, of course - in order to develop the economy of Siberia and the Russian Far East”*.

Apesar do ceticismo internacional, hoje em dia a cooperação entre as duas potências emergentes é claramente positiva. Um dos pontos comuns, e que manifesta o tal positivismo, é o trabalho conjunto que tanto a Federação Russa como a República Popular da China (RPC) desempenham no âmbito da Organização de Cooperação de Xangai (OCX). A cooperação é o resultado dos progressos atingidos pelos membros da organização Xangai Cinco. Esta tinha por objetivo a manutenção da segurança através da consolidação da confiança mútua, da delimitação das fronteiras e o desarmamento das regiões fronteiriças.

A OCX tem sido, igualmente, usada como estratégia por forma a contrabalançar o poder e influência dos EUA e da OTAN no continente asiático.

O potencial e o valor estratégico da OCX está representado pelos seguintes dados: cerca de 60% da área do continente euro-asiático e uma população de mais de 1,4 mil milhões de pessoas, detém a segunda maior economia do mundo, a China, e integram na organização um grupo de países que representam as maiores reservas de recursos naturais a nível mundial.

7. CONCLUSÃO

Nesta última década, a identidade da política orientadora do Kremlin surge no contexto de uma forte globalização, num mundo unipolar dominado pelos EUA. Neste caso Moscovo entende que o desenvolvimento da Rússia e a sua reafirmação na arena global, passa pela necessidade de estabilização de um quadro internacional assente na multipolaridade. Apresentando uma política externa sustentada por um leque de ações que visam a cooperação com os outros atores do sistema internacional.

Esta primeira década do Séc. XXI caracteriza-se pelo contínuo desacordo relativamente às políticas expansionistas tanto da UE como da OTAN, juntamente com as divergências relativamente à afirmação política tomada no âmbito dos vários conflitos com que a comunidade internacional se confronta. Contudo, a profunda interligação económica com a UE tem condicionando a seleção de uma política menos prudente relativamente aos europeus.

Moscovo tem mantido a sua convicção de que o território russo continua a possuir as potencialidades da *área pivô*, ao demonstrar o interesse em manter-se e consolidar a sua posição central relativamente aos dois continentes em que se situa. Nesse sentido tem seguido a evolução política de todas as ex-Repúblicas da URSS por forma a manter a sua influência e persuadi-las, seja através do *hard power* ou do *soft power*. É nesta perspetiva que tem mantido e redimensionado os mecanismos de cooperação, nomeadamente, através da CEI e a OTSC, entre outras, e desenvolvido outros instrumentos de cooperação. Neste sentido, Moscovo, tem exaustivamente consolidado uma política de segurança e defesa assente na cooperação com as Repúblicas da ex-URSS, mantendo perto a vizinhança próxima, como fundamento de toda a sua estratégia.

Ainda no contexto da vizinhança próxima, e sendo um dos mecanismos de cooperação de carácter político-militar, a OTSC tem ganho cada vez mais relevância. Esta organização, dominada por Moscovo, tem-se afirmado principalmente como um ator regional. Nesse sentido o seu principal foco resume-se à resolução e às capacidades de resposta contra as ameaças regionais. Para além das capacidades militares, e da maior cooperação no contexto da organização liderada pela Rússia, a OTSC tem tentado tornar-se mais abrangente, demonstrando interesse em tornar-se um ator vital em outras esferas regionais, contemplando outras áreas de segurança.

No âmbito da sua estratégia, a Federação Russa conseguiu ainda que os países pertencentes à OTSC subscrevessem um acordo com o objetivo de abolir a possibilidade da OTAN e os EUA estabelecerem qualquer tipo de força militar nos territórios destes. Desta forma, a Federação Russa demonstrou a capacidade do bloco político-militar dos países da ex-URSS para contrabalançar à OTAN, mantendo-a fora da sua área de influência.

A componente asiática representa e continuará a representar desafios importantes para a Federação Russa, ao mesmo tempo que o Kremlin mostra-se interessado em explorar as oportunidades que aí encontra.

No pior cenário, e como defende Mearsheimer, as principais potências entrarão em conflito na luta pelos recursos naturais, sendo mais uma evidência da possibilidade desta ocorrência a corrida ao armamento por parte da maioria dos atores internacionais. Constitui uma responsabilidade do poder político do Kremlin a procura da melhor forma de se integrar e participar no sistema internacional.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ribeiro, António (2011): **Segurança Nacional e Defesa Nacional - algumas divergências entre a doutrina e a prática**. Revista Segurança e Defesa. Lisboa. Número 19. Out – Dez 2011. p. 40-49.

Kucheriavy, Mikhail (2013): **Ameaças para a Segurança Nacional da Rússia** (Ugrozy Nationalny Bezopasnosti Rossii). 24 Jul. 2013. [Consult. 15 Jan. 2014]. Disponível em WWW: <URL:http://orientir.milportal.ru/ugrozy-natsional-noj-bezopasnosti-rossii/>.

Zysk, Katarzyna (2009): **Russian national security strategy to 2020**. GeoPolitics in the High North. 15 Jun. 2009. [Consult. 10 Jan. 2014]. Disponível em WWW: <URL:http://www.geopoliticsnorth.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=35&Itemid=103>.

Monaghan, Andrew (2013): **The New Russian Foreign Policy Concept: Evolving Continuity**. Russia and Eurasia REP 2013/03. Chatham House, Abr. 2013.

Giles, Keir (2009): **Russia's National Security Strategy to 2020**. NATO Defense College. Research Division, Jun. 2009. Disponível em WWW:

<URL:http://www.ndc.nato.int/about/search.php?icode=2>.

Averkov, Victor (2012): **Decisão da Política Externa da Rússia** (Prinyatie Vneshnepoliticheskikh Reshenye Rossii). Journal of International Relations Theory and World Politics. International Trends. Vol. 10, Nº 2. Moscovo: 2012. p. 111-123.

Siberian Light (2014): **CSTO slams door on US bases in Central Asia**. 20 Dez. 2011 [Consult. 6 Fev. 2014]. Disponível em WWW: <URL:http://siberianlight.net/csto-slams-door-on-us-bases-in-central-asia/#comments>.

Lo, Bobo (2014): **Russia's eastern direction – distinguishing the real from the virtual**. Institut Français des Relations Internationales. Jan. 2014. Disponível em WWW: <URL:https://www.google.pt/url?sa=t&ct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDkQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.ifri.org%2Fdownloads%2Fifrirnr17boboloeasterndirectionjan2014.pdf&ei=eFP9Uri9DOzY7Ab3t4GACQ&usg=AFQjCNEZRAY9EKmsZgrbkWbVM4uSvBc7Eg&sig2=VNWG__e_v_pdtYelk4BpFw&bvm=bv.61190604,d.ZGU&cad=rja>.

The Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation (2000): **Conceito Da Política Externa Da Federação Russa**. Aprovada em 28 Jun. 2000. Disponível em WWW: <URL:http://www.contexto.org/pdfs/RUSforpolconcept.pdf>.

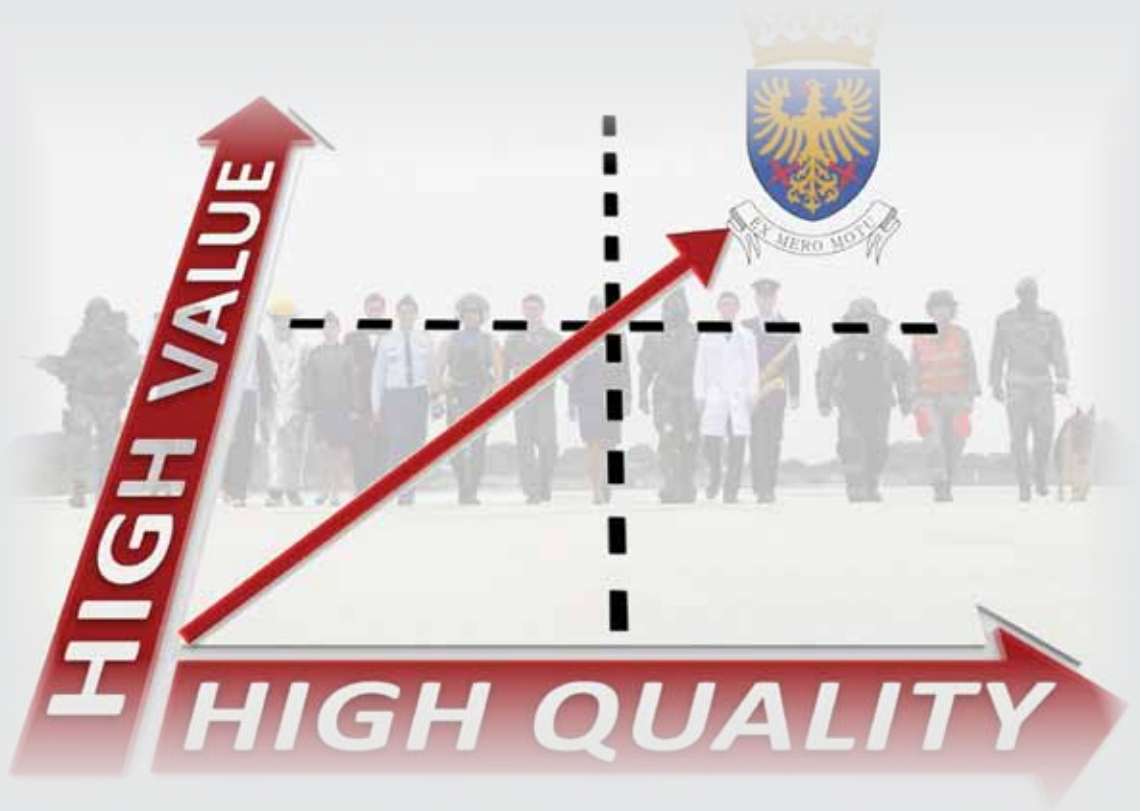
Putin, Vladimir (2012): **Vladimir Putin on foreign policy: Russia and the changing world**. 27 Dez. 2012 [Consult. 29 Dez. 2013]. Disponível em WWW: <URL: http://valdaiclub.com/politics/39300.html>.

Putin, Vladimir (2013): **Russia and the changing world**. 27 Dez. 2012 [Consult. 28 Dez. 2013]. Disponível em WWW: <URL:http://www.apec2012.ru/news/20120227/462440362-print.html>.

Aris, Stephen (2008): **Russian-Chinese relations through the lens of SCO**. Institut Français des Relations Internationales. Set. 2008. Disponível em WWW: <URL:https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ifri.org%2Fdownloads%2Fifri_RNV_Aris_SCO_Eng.pdf&ei=TFr9Uor7Acb8ygPzhIKoCg&usg=AFQjCNG0_BMTCaJ9nj3P8R36BPacW_dwQ&sig2=KrZ2qvxMSsYl_Fo3cJ7tw&bvm=bv.61190604,d.bGQ&cad=rja>.

Kurmanov, Bakhytzhana (2013): **Bilateral rivalry a stain on the Shanghai Cooperation Organisation**. 25 Out. 2013 [Consult. 25 Jan. 2014]. Disponível em WWW: <URL:http://www.eastasiaforum.org/2013/10/25/bilateral-rivalry-a-stain-on-the-shanghai-cooperation-organisation/>.

O Produto da Força Aérea



Autor: João Franco, Aspirante Aluno do Mestrado Integrado
na Especialidade de Pilotagem Aeronáutica
Academia da Força Aérea, Sintra

Orientadores: Professor Doutor José Tribolet
Departamento de Engenharia Informática, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
e Doutor, Carlos Páscoa, Tenente-Coronel
Divisão de Operações, Estado-Maior da Força Aérea Portuguesa

Coorientador: Tenente-Coronel Ana Telha
Divisão de Comunicação e Sistemas de Informação, Estado-Maior da Força Aérea,

Resumo: O ambiente organizacional é, reconhecidamente, volátil. A complexidade das organizações aumenta e a competitividade entre elas torna-se cada vez mais acérrima. Em todos os prismas, a tarefa de gestão é caracterizada por uma crescente dificuldade em garantir uma utilização eficaz e eficiente dos recursos, que permita às organizações atingir e manter uma vantagem competitiva. Para gerir é preciso medir. No entanto, para medir é preciso identificar ou descrever o objeto a medir. Consequentemente, para se gerir uma organização é imperativo identificar os processos, as atividades e os produtos que estes originam. Todas as organizações, quer tenham ou não fins lucrativos, são baseadas em processos e atividades que originam produtos que devem criar valor para um cliente (interno ou externo) e para a organização. Este cliente só adquire um produto se lhe reconhecer valor, ou seja, se o produto permitir satisfazer as suas necessidades. Isto implica fornecer o produto adequado, ao cliente certo, em tempo oportuno, ao menor custo possível e torna a criação de valor num vetor essencial na competitividade de uma organização. A Força Aérea (FA), apesar de ser uma organização militar de carácter não lucrativo e com um vínculo governamental, não é exceção e pode ser estudada e aperfeiçoada tendo em conta estes conceitos.

Palavras-chave: Capacidades; Cliente; Engenharia Organizacional; *Organizational Self-Awareness*; Produto; Valor.

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo resume o processo de investigação que foi conduzido na Academia da Força Aérea, no sentido de identificar o Produto da FA e de desenvolver um modelo genérico que representasse a criação de Valor. Esta investigação teve como objetivos principais a construção de conhecimento relevante para a FA, que sirva de ferramenta para a tomada de decisão ao nível estratégico; bem como o aumento do conhecimento e da consciência (dos militares da FA e dos cidadãos em geral) das áreas de ação da Força Aérea e o seu valor.

Para permitir um encadeamento coerente e um alinhamento com o fio condutor do autor, o artigo está dividido da seguinte forma: o parágrafo 2 descreve a teoria base que serviu de suporte para a investigação; no parágrafo 3, são apresentados os resultados obtidos e as propostas de solução para o problema inicial; no parágrafo 4 são condensadas as conclusões a que o autor chegou.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Este parágrafo apresenta, de forma resumida, os conceitos que se revelam fundamentais no desenvolvimento da solução do problema identificado e que servem de enquadramento para a temática abordada.

- **Produto:** Um produto pode ser definido como o resultado final, ou *output*, de um processo ou atividade. O modelo *Supplier, Input, Process, Output, Client* (SIPOC), representado na figura

1, é a concetualização mais fundamental e mais partilhada no ambiente organizacional. Como se pode observar, um fornecedor (*Supplier*) fornece um *input* a um processo (*Process*), que o vai transformar através da utilização de recursos como dinheiro, tempo, tecnologia, pessoas, etc., num produto (*Output*) com algum valor acrescentado. Este produto é necessariamente diferente do *input* inicial e é entregue a um cliente (*Customer*) para satisfazer as suas necessidades.

Todas as organizações, independentemente do seu propósito, têm intrínseca uma enorme variedade de processos que originam produtos, que podem ser definidos como “qualquer coisa que possa ser entregue a um mercado para satisfazer um desejo ou uma necessidade, incluindo bens físicos, serviços, experiências, eventos, pessoas, locais, propriedade, informação e ideias”. Partindo deste facto, também a FA e os seus processos dão origem a produtos que são entregues aos seus clientes.

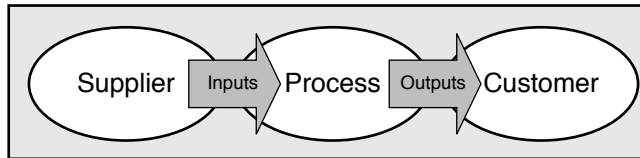


Figura 1 - Modelo SIPOC

- **Cliente:** Um cliente “é uma entidade que recebe ou consome um produto (bem ou serviço) e que tem a possibilidade de escolher produtos e fornecedores diversificados”. Num contexto organizacional, e como está explícito no Modelo SIPOC da figura 1, os clientes absorvem os outputs resultantes dos processos de modo a satisfazerem as suas necessidades. Esta correlação, entre um produto e o seu cliente, faz com que a sobrevivência da organização que entrega um produto esteja profundamente dependente da sua aceitação por parte do cliente. O produto que é entregue a um cliente é importante. No entanto, mais importante que o produto em si, é o valor que o cliente lhe reconhece, visto que, mais do que apenas recetores de um *output*, os clientes são o conjunto de utilizadores e doadores financeiros para os quais uma organização cria valor. Assim, os clientes criam uma expectativa em relação a um produto e agem em conformidade, optando pelo produto que lhe ofereça maior valor e satisfaça melhor as suas necessidades. A satisfação de um cliente é uma função entre a expectativa em relação a um produto e a perceção que o cliente tem do produto que lhe é entregue. Assim, este tende a optar pelo produto que melhor satisfaz as suas necessidades e que representa a melhor relação entre os custos totais e os benefícios totais adjacentes.

A conjugação de todos estes fatores e o crescente aumento da instrução e educação dos clientes, que têm ao seu dispor uma vasta panóplia de ferramentas que podem utilizar na escolha de um produto, eleva ainda mais a importância da sua gestão e a procura pela satisfação do cliente.

- **Valor:** Como dito anteriormente, embora os conceitos de produto ou cliente sejam importantes numa organização, é o valor que esta cria para os clientes e para si que a conduz ao sucesso. De um modo genérico - figura 2 - qualquer processo é iniciado por um evento externo e, atra-

vés de um conjunto de funções sequenciadas, cria valor para o cliente. Esta visão simplificada pode levar o leitor a intuir que basta assegurar a qualidade do produto para garantir a criação de valor, o que não é verdade. O valor “*é a maquia que os clientes estão dispostos a pagar pelo que uma organização lhes fornece*”. Do mesmo modo, “*o único valor que uma organização vai alguma vez criar é o valor que vem dos clientes - os atuais e os que virão no futuro*”.

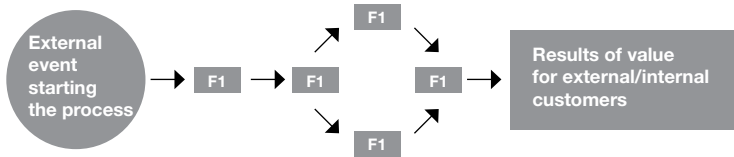


Figura 2 – Valor criado por um processo

Para dar ênfase à interligação que deve existir entre uma organização e o cliente e para salientar a importância que esta adquire na competitividade de uma organização, foi desenvolvida a Tríade de Valor para o Cliente - figura 3 -, onde se pode observar que o valor de um produto depende das suas características, nomeadamente da sua qualidade, da qualidade dos serviços prestados e do preço a que esse produto é disponibilizado. Consequentemente, uma organização consegue ser bem-sucedida se o valor que cria exceder os custos envolvidos, desenvolvendo os seus processos a preços mais reduzidos ou desempenhando-os com mais eficiência.

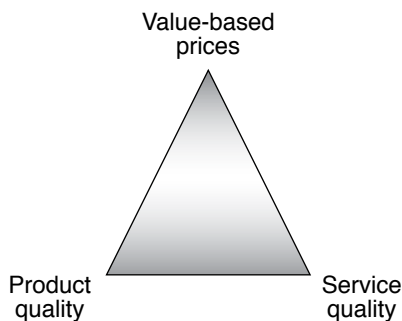


Figura 3 – Tríade de Valor para o Cliente

Satisfazer as necessidades de um cliente, excedendo as suas expectativas e entregando o máximo valor possível, deve ser uma preocupação constante. No entanto, seguindo o princípio da reciprocidade económica, é essencial ter em conta que a criação e transação de valor representa uma ligação bilateral. Nenhum ator (indivíduo ou organização) abdica de valor sem receber algum valor em troca, i.e., um ator só cria valor para outro se receber algo em compensação. Exemplificando: um vendedor só vende um computador se receber dinheiro em troca; a FA só consegue cumprir a sua missão se lhe forem atribuídos os recursos necessários para tal.

Assim, a necessidade de criar valor “é tão verdade para um hospital que presta serviços de saúde ou uma fundação de beneficência, como é para uma companhia que produza bens ou serviços”, visto que “criar valor para os clientes, excedendo todos os custos envolvidos, é o objetivo de qualquer estratégia”.

• **Capacidades:** O conceito de capacidades é a tradução do termo inglês *capability* e pode ser definido, num sentido mais lato, como sendo a “*habilidade ou poder para produzir, realizar ou implantar algo*”. Aplicado ao contexto organizacional, “a capacidade organizacional é a *faculdade ou a competência de uma organização expressa nos termos dos seus*”:

- ✓ *Recursos humanos: números de pessoas, as suas qualidades, competências e experiência;*
- ✓ *Recursos materiais e físicos: máquinas, terrenos, infraestruturas;*
- ✓ *Recursos financeiros: dinheiro e créditos;*
- ✓ *Recursos informacionais: conjunto de conhecimentos, bases de dados;*
- ✓ *Recursos intelectuais: direitos sob algum produto, patentes, etc.”*

As organizações têm um conjunto de capacidades que se materializam de acordo com os seus recursos. Dependendo do *core business* de cada organização, e para que esta adquira uma vantagem competitiva e para que crie valor para os seus clientes, tem de desenvolver capacidades ou competências *core*. As capacidades *core* de uma organização são uma faculdade ou competência única, adquirida ou desenvolvida, de difícil reprodução por parte dos competidores ou possíveis competidores. Apesar de as organizações poderem possuir um conjunto de capacidades *core*, nem todas as capacidades contribuem diretamente para este objetivo. Algumas delas são utilizadas para aproveitar uma oportunidade de criação de valor, nunca pondo em risco o *core business*.

O conceito de capacidades também é extensível às organizações militares. Estas podem ser definidas como “*conjunto de forças ou recursos que possibilitam que um país tenha aptidão/habilidade/competência de levar a cabo um tipo particular de ações militares*”.

A FA é uma organização militar que também está dotada de capacidades. As capacidades operacionais da FA – competências e capacidades *core* da organização - estão identificadas no Plano de Desenvolvimento Sustentado (operacional) 2012-2018 [20]. São elas:

- ✓ Capacidade de Comando e Controlo (C2) Aéreo;
- ✓ Capacidade de Vigilância, Detecção, Identificação (VDI) e Intervenção (QRA-I) de meios aéreos;
- ✓ Capacidade de Luta Aérea e de Luta ar-solo/superfície;
- ✓ Capacidade de Vigilância, Reconhecimento e Patrulhamento (VRP) terrestre e marítimo;
- ✓ Capacidade de Transporte aéreo Tático e Estratégico (TPT);
- ✓ Capacidade de Transporte aéreo especial;
- ✓ Capacidade de Busca e Salvamento (SAR);
- ✓ Capacidade de Projeção, Proteção, Operacionalidade e Sustentação (PPOS);

O facto de a FA ter descritas as capacidades operacionais, que por permitirem o cumprimento do seu *core business* podem ser consideradas as suas competências ou capacidades *core*, não inviabiliza a existência de mais capacidades que possam ser utilizadas noutras atividades e processos e que a partir das quais se obtenha um produto, como se pode averiguar no decorrer do artigo.

• **Organizational Self-Awareness:** O conceito de *Organizational Self-Awareness* (OSA) reveste-se de grande relevância dentro das organizações. Pode ser traduzido como autoconsciência organizacional e, segundo Zacarias, é caracterizado por duas dimensões: a dimensão individual e a dimensão coletiva.

A dimensão individual pode ser vista como uma transferência da capacidade de *self-awareness* de cada indivíduo para o contexto organizacional, e traduz-se na capacidade que os indivíduos têm para responder às seguintes questões: “*O que sou nesta organização? Como é que as coisas são feitas aqui? O que é que a organização, como um todo, está a fazer agora?*”. A dimensão organizacional reflete a “*combinação entre agentes humanos ou autómatos, recursos e procedimentos que fornecem à organização a inteligência necessária para lidar com questões como: Quem são os meus membros? Como é que eles fazem coisas? O que é que eles estão a fazer agora?*”. Para existir OSA, estas duas dimensões têm que estar perfeitamente alinhadas entre si.

3. DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Este parágrafo representa o núcleo do trabalho de investigação. Apresentam-se os resultados obtidos tendo como base os conhecimentos teóricos, permitindo fazer a ligação entre a teoria e a prática aplicada à FA, nomeadamente a identificação do produto da organização e o desenvolvimento do Modelo de Criação de Valor.

3.1 Identificação do Produto da FA

A FA, tal como qualquer outra organização, desenvolve processos que dão origem a produtos e que são entregues a clientes. Por um lado, existem processos e atividades que, ou estão diretamente ligados à área operacional da FA, ou são indispensáveis para o seu suporte. Por outro, há processos que em nada contribuem para a operacionalidade da FA, mas que ainda assim originam produtos. Para conseguir satisfazer as diferentes necessidades dos diferentes clientes e manter uma vantagem competitiva, a FA tem que criar valor, tanto com o seu produto operacional como com qualquer outro.

De modo a desenvolver um estudo o mais imparcial possível e que permitisse criar conhecimento baseado em factos e não em suposições e preconceitos, a investigação foi dividida em duas partes: em primeiro lugar, foi levada a cabo uma pesquisa bibliográfica relacionada com o tema em discussão; em segundo lugar, foram realizadas oito entrevistas formais a entidades internas à FA, que se considerou serem pertinentes para o trabalho. A

pesquisa bibliográfica, sumarizada no parágrafo anterior, permitiu ver a FA à luz dos conhecimentos da Engenharia Organizacional (EO) e compará-la com outras organizações em que o tema do produto é de mais fácil percepção. Neste sentido, é importante dar ênfase à definição de produto por: um produto é *“qualquer coisa que possa ser entregue a um mercado para satisfazer um desejo ou uma necessidade, incluindo bens físicos, serviços, experiências, eventos, pessoas, locais, propriedade, informação e ideias”*. Esta definição mostra que na FA, não é só a componente operacional que origina produtos para diversos clientes, uma vez que existem mais atividades e processos que, não estando diretamente relacionadas com a componente operacional, também geram produtos que são entregues a clientes externos. Não há dúvida de que a operação dos meios aéreos e todo o seu suporte são muito importantes, visto que são estes que permitem que a FA cumpra o seu *core business*, a participação, *“de forma integrada, na defesa militar da República, (...) sendo fundamentalmente vocacionada para a geração, preparação e sustentação de forças da componente operacional do sistema de forças”*. No entanto, *“compete, ainda, à Força Aérea assegurar o cumprimento das missões particulares aprovadas, de missões reguladas por legislação própria e de outras missões de natureza operacional que lhe sejam atribuídas”*, o que vaticina um espectro de atividades que podem ir além da componente operacional.

Cumulativamente a toda a legislação que abrange a FA como ramo das Forças Armadas (FFAA) e como instrumento da Defesa Nacional (DN), tal como a Constituição da República Portuguesa (CRP), a Lei de Defesa Nacional (LDN), a Lei Orgânica de Bases e Organização das Forças Armadas (LOBOFA), a Lei Orgânica da Força Aérea (LOFA), a FA está sujeita às políticas relativas à DN dimanadas pelos órgãos governamentais. Um pequeno exemplo disso é o facto de as FFAA serem consideradas, no Conceito Estratégico de Defesa Nacional (CEDN) de 2013, como um *“polo potencialmente dinâmico da produção, consumo, difusão e demonstração da inovação e da tecnologia dos portugueses”*. Neste sentido, também a FA deve continuar a desenvolver esforços para atingir as metas estabelecidas e para contribuir com um produto não operacional, promovendo *“a investigação, o desenvolvimento e inovação”* ou desenvolvendo soluções tecnológicas com interesse para o mercado global da defesa e de uso civil e militar colaborando com universidades, centros de investigação e indústria.

As entrevistas realizadas, e a sua posterior análise, revelaram que as opiniões sobre esta temática estão divididas e que os conhecimentos teóricos que foram adquiridos ao longo da investigação bibliográfica não são consensuais. Para a maioria dos entrevistados, alguns dos conceitos não deviam ser aplicados à FA devido à sua natureza militar e governamental. A ligação com a componente operacional é tão vincada que, em grande parte dos casos, apenas o produto operacional foi considerado como sendo o produto da FA. Mesmo quando confrontados com alguns factos que corroboram os conceitos estudados e abordagem que foi seguida, a ideia preconcebida prevaleceu. Por outro lado, uma parte mais pequena da amostra, afirmou que a FA executa processos que dão origem a produtos que são entregues a clientes externos, apesar de não estarem relacionados com o cumprimento da missão operacional da FA. Este resultado permite-nos verificar que a

autoconsciência, ou *self-awareness*, individual não é transversal a toda a organização. Ora, se existe uma falha grande na dimensão individual do OSA, a dimensão organizacional será consequentemente afetada, o que torna impossível a existência de OSA na FA relativamente ao tema abordado.

A metodologia utilizada no desenvolvimento deste estudo permitiu a obtenção dos resultados expostos na tabela 1. Dado que o estudo se cingiu ao nível Estratégico da FA, os produtos não foram identificados extensivamente mas sim aglomerados em grupos onde todos os produtos podem ser inseridos, individualmente. Os diferentes produtos identificados foram, primeiramente, divididos quanto à sua tangibilidade, podendo, por isso, ser tangíveis ou intangíveis. Os produtos tangíveis estão reunidos em onze grupos. Os produtos intangíveis foram ainda subdivididos tendo em conta o contexto do cliente a quem são entregues: contexto nacional ou contexto internacional.

Tabela 1 - O Produto da Força Aérea

Tangível		<ul style="list-style-type: none"> • Operacional; • Ensino e Formação; • I&D; • Prestação de Serviços e colaborações com entidades exteriores; • Infraestruturas; • Saúde; • Justiça; • Ambiente; • Produção de Literatura; • Cultura; • Divulgação das FFAA e da FA.
Intangível	Nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Segurança; • Conforto; • Proteção (contra ameaças internas e externas); • Tranquilidade; • Confiança nas capacidades da FA e das FFAA; • Liberdade.
	Internacional	<ul style="list-style-type: none"> • Segurança (garantia da vigilância e controlo do espaço aéreo e garantia de prestação de serviços); • Conforto; • Proteção (contra ameaças que possam surgir); • Tranquilidade; • Confiança, em Portugal e nos seus serviços, tanto SAR como de vigilância e controlo do espaço aéreo.

3.2 Modelo de Criação de Valor

Como foi dito no parágrafo 2, o valor que uma organização cria pode ser visto como “a *maquia que os clientes estão dispostos a pagar pelo que uma organização lhes fornece*”. Assim, o valor criado é maior quando existe um aumento da qualidade do produto e do serviço prestado, e menor quando o preço base aumenta. Ora, o conceito de valor pode ser aplicado a qualquer organização, visto que “*criar valor para os clientes, excedendo todos os custos envolvidos, é o objetivo de qualquer estratégia*”. A FA não é exceção. Como tal, para garantir a criação de valor, a FA tem que identificar quais são as necessidades e expectativas dos seus clientes e avaliar se

estas podem representar uma oportunidade de negócio e uma possível vantagem competitiva.

Quando uma organização parte para a identificação de novos clientes ou novos espaços no mercado que possam ser ocupados, tem que ter bem presente que em qualquer ato de comunicação – quer seja ele verbal ou não verbal – existem hiatos. Isto é, a necessidade expressa por um cliente – ou possível cliente – não exatamente igual à necessidade que a organização percebe; o produto que a organização gera não é igual à percepção que teve da necessidade do cliente; e, conseqüentemente, o produto que é entregue ao cliente é necessariamente diferente da sua concepção mental que originou este processo.

Tal como o que foi apurado relativamente ao conceito de produto e à sua aplicabilidade à realidade da FA, também a introdução do conceito de valor no seio na FA enfrentou alguma resistência. Também neste caso, houve uma divisão de opiniões dos entrevistados. A maioria dos entrevistados, quando confrontados com este conceito, afirmou que a criação de valor por parte da FA é automática, bastando, por isso, o cumprimento da sua missão para que fosse criado valor para os seus clientes. Por outro lado, uma pequena parte, considerou que, na realidade, deveria haver uma verdadeira preocupação com o valor que a FA produz, de modo a que lhe fossem disponibilizados cada vez mais recursos.

De modo a sistematizar de uma forma simplificada as principais interações que existem num processo de criação de valor, foi desenvolvido o Modelo de Criação de Valor representado na figura 4.

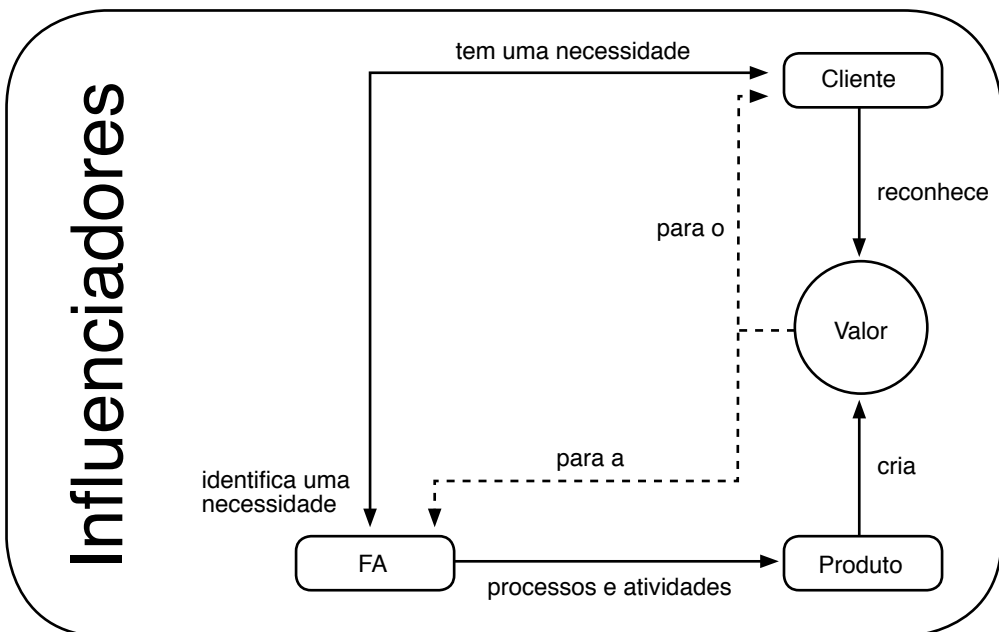


Figura 4 - Modelo de Criação de Valor

No modelo estão representados os conceitos que são essenciais ter em conta quando se

entrega um produto a um cliente: a FA, o Produto, o Valor, o Cliente e os influenciadores. A criação de valor inicia-se quando a FA identifica uma necessidade de um cliente. Esta necessidade identificada tem que ser avaliada antes de qualquer decisão ser tomada. Para fazer essa avaliação pode recorrer-se, por exemplo, a uma análise *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats* (SWOT), que contrapõe as forças e as fraquezas da organização, face às oportunidades e aos riscos que podem advir de uma ação. Deste modo, se não se considerar que a necessidade identificada pode ser uma oportunidade de criar valor para si, a atitude a tomar será a de não gerar um produto que a satisfaça; pelo contrário, se a necessidade for considerada uma oportunidade, a decisão a tomar pode ser a de agir e dar início a um conjunto de processos e atividades que dão origem a um produto que permite satisfazer as necessidades do cliente. O produto gerado tem um conjunto de características e atributos que devem ir ao encontro dos desejos do cliente para criar valor. No entanto, este só cria realmente valor se o cliente lhe reconhecer as características que satisfazem as suas necessidades. Deste modo, quanto maior for a semelhança entre o produto que a organização entrega e o produto idealizado pelo cliente, maior será o valor criado.

Quando há criação de valor, na verdade, assiste-se a uma transação de valor entre duas entidades. Esta transação, pelo princípio da reciprocidade económica, é bilateral, ou seja, para que uma organização crie valor para outra entidade, tem de receber valor em troca. No caso da FA, para que a organização consiga criar valor para os seus clientes tem que receber recursos (valor) suficientes para tal. A diminuição na atribuição de recursos que se tem vindo a verificar demonstra, mesmo tendo em consideração a atual conjuntura, que o principal cliente da FA não está a reconhecer o valor que esta está a criar, o que dificulta a sua sustentabilidade e pode até pôr em causa o cumprimento da missão que lhe está atribuída.

4. CONCLUSÃO

A presente investigação representa uma nova perspetiva na FA, dado que a temática do produto e do valor que este deve criar nunca tinham sido estudados tão aprofundadamente. Os resultados obtidos, apesar de terem seguido os princípios e as ferramentas da EO, podem não ter o efeito desejado no seio da organização, dado que conceitos como “produto”, “valor”, “cliente” e “competitividade” têm um sentido conotativo relacionado com as organizações com fins lucrativos.

Como qualquer organização, a FA gera produtos que são entregues aos seus clientes e que devem criar valor de modo a que possa ser competitiva. A competitividade, contrariamente à crença generalizada, não é exclusiva das organizações com fins lucrativos. Enquanto estas competem para obter o máximo de lucro possível, as organizações sem-fins lucrativos têm que garantir os recursos necessários para cumprirem a sua missão e terem sucesso. Desta forma, tem que haver uma preocupação em garantir que a FA consegue criar valor e que os seus clientes lhe reconhecem esse valor, principalmente quando os principais clientes do produto da FA são também os principais *shareholders*: Portugal e o Estado português.

A identificação do Produto da Força Aérea e o desenvolvimento do Modelo de Criação de

Valor podem ser vitais para o futuro da organização. De uma forma mais imediata, o conhecimento gerado nesta investigação pode contribuir para o OSA, para a gestão do produto e para uma maior contribuição da FA para os *assets* nacionais. A identificação do produto e a sua divulgação pelos militares da FA pode aumentar a autoconsciência (*self-awareness*) de cada indivíduo, a sua responsabilidade e a perceção do seu contributo para o produto da FA como um todo. O Modelo de Criação de Valor pode ser muito útil na gestão do produto e, conseqüentemente, na gestão Estratégica da FA, dado que tem explícitas as principais interações existentes entre uma organização e os seus clientes. Finalmente, se for dada a devida atenção e importância à FA, esta pode contribuir com os seus produtos para os *assets* nacionais, tanto no contexto operacional, como no caso da saúde, da educação, da formação, da investigação e desenvolvimento e da cultura, entre outros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Snabe, J., Rosenberg, A.; Møller, C.; Scarvillo, M. (2009): **Business Process Management - The SAP Roadmap**, Galileo Press, Boston.

Kotler, Philip; Keller, Kevin Lane (2012): **Marketing Management**, 14ª Edição, Pearson Prentice Hall, ISBN 978-0-13-210292-6.

Business Dictionary (2013): **Customer** [Em linha]. [Consult. 26 nov. 2013]. Disponível em «<http://www.businessdictionary.com/definition/customer.html>».

Chiavenato, Idalberto (2000): **Administração nos Novos Tempos**. 6ª Edição, Rio de Janeiro: Campus.

Lobos, Júlio (1993): **Encantando o Cliente Externo e Interno**, São Paulo: Instituto da Qualidade.

Oster, Sharon (1995): **Strategic Management For Nonprofit Organizations: Theory and Cases**; Oxford University Press.

Urban, Glen L (2004): **The Emerging Era of Customer Advocacy**, Sloan Management Review 45, pp. 77-82.

Kirchmer, Mathias (2010): **Business Process Management – A Visual Guide**, High Performance Delivered, Accenture.

Naumann, Earl (1995): **Creating Costumer Value: The Path to Sustainable Competitive Advantage**, Cincinnati, OH: Thomas Executive Press, South-Western College Publishing.

Porter, Michael (1998): **Competitive Advantage**, New York, ISBN 0-684-841 46-0.

Peppers, Don; Rogers, Martha (2005): **Customers Don't Grow on Trees**, Fast Company.

Porter, Michael (2008): **On competition**, Harvard Business Review Book, Boston, ISBN 978-1-4221-2696-7.

Tsiros, M.; Mittal, V.; Ross Jr., W. (2004): **The Role of Attributions in Customer Satisfaction: A Reexamination**, *Journal of Consumer Research* 31 (September 2004), pp. 476–83.

Johannesson, Paul (2014): **Business Models - e3Value Example Model**, IT Universitetet, Kista, [Em linha]. [Consult. 17 fev. 2014]. Disponível em «<http://people.dsv.su.se/~distans/INTEROP/BMe3ValueExample/player.html>».

Merriam-Webster Dictionary (2013): **Capacity** [Em linha]. [Consult. 26 nov. 2013]. Disponível em «<http://www.merriam-webster.com/dictionary/capacity>».

Business Dictionary (2013): **Organizational Capability** [Em linha]. [Consult. 26 nov. 2013]. Disponível em «<http://www.businessdictionary.com/definition/organizational-capability.html>».

Business Dictionary (2013): **Core Competencies** [Em linha]. [Consult. 26 nov. 2013]. Disponível em «<http://www.businessdictionary.com/definition/core-competencies.html>».

Oxford Dictionaries (2013): **Capability** [Em linha]. [Consult. 26 nov. 2013]. Disponível em «<http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/capability>».

Franco, João; Telha, Ana; Tribolet, José (2014): **O Produto da Força Aérea**, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre; Departamento de Ensino Universitário; Academia da Força Aérea; Sintra.

Força Aérea Portuguesa (2012): **Plano de Desenvolvimento Sustentado (Operacional) 2012-2018**.

Zacarias, Marielba Silva; et al. (2007): **Making Sense of Enterprise Architectures as tools of Organizational Self-Awareness (OSA)**, TEAR 2007 - Trends in Enterprise Architecture Research - ECIS 2007 Pre-Workshop.

Vicente, David (2007): **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.

Lei Orgânica da Força Aérea (LOFA); Decreto-Lei n.º 232/2009; Diário da República, 1.ª série — N.º 179 — 15 de setembro de 2009.

Conceito Estratégico de Defesa Nacional (CEDN), (2013): Resolução do Conselho de Ministros nº19/2013, Diário da República 1ª Série – nº67 – 5 de abril de 2013.

ISR e Conhecimento da Força Aérea na Zona Económica Exclusiva



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

Orientador: Professor Doutor Paulo Cardoso do Amaral
Universidade Católica Portuguesa

Coorientador: Alves Francisco, Capitão de Mar-e-Guerra
Direção de Análise e Gestão de Informação, Marinha Portuguesa

Resumo. O facto de Portugal ter a possibilidade de estender a sua plataforma continental para além das 200 milhas náuticas, assume uma inegável relevância, pela perspectiva de acesso aos seus recursos (SILVA, 2012). Neste contexto, e numa atualidade marcada por um ambiente marítimo imprevisível (SILVA, 2012), com ameaças crescentes e um número cada vez maior de atores não estatais a influenciar a segurança global (SILVA, 2012), os requisitos de segurança serão, portanto, cada vez maiores, tanto em termos de vigilância, assegurando um conhecimento rigoroso e em tempo real do panorama marítimo, como na permanência de meios no mar, com o objetivo de exercer um controlo efetivo destes espaços (CÂNDIDO, 2011). Assim, a presente dissertação parte do pressuposto de se querer articular, de forma eficiente, os meios militares, por forma a permitir uma capacidade de resposta integrada a agressões ou ameaças à segurança e aos interesses nacionais, através da manutenção de uma capacidade de vigilância e controlo dos espaços marítimos sob soberania ou jurisdição nacional (CEDN, 2013). São, por isso, abordados os dois principais atores com responsabilidade na manutenção da soberania nacional nos espaços marítimos portugueses, a Força Aérea Portuguesa e a Marinha Portuguesa, dando especial ênfase às missões de *Intelligence Surveillance and Reconnaissance* (ISR), desempenhadas pela Força Aérea, e ao conceito de Conhecimento Situacional Marítimo (CSM), desenvolvido pela Marinha.

Palavras-Chave: Conhecimento, Cooperação, Conhecimento Situacional Marítimo, Informação, *Intelligence Surveillance and Reconnaissance*, Plataforma Continental, *Situational Awareness*, Zona Económica Exclusiva.

1. INTRODUÇÃO

Ao ratificar a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, Portugal iniciou o percurso conducente à extensão da sua plataforma continental (SILVA, 2012). O projeto de extensão constitui uma oportunidade única de conquistar, de forma pacífica, novos territórios marítimos, sobre os quais Portugal vai exercer direitos de soberania (SILVA, 2012).

Desta forma, Portugal passará a ter sob sua influência 350 milhas náuticas, equivalentes a uma zona económica exclusiva de 2,15 milhões de km², o que, a juntar aos atuais 1,7 milhões de km², confere uma área de soberania de 4 milhões de km² (cerca de 43 vezes o território terrestre do País) (Jornal de Ciências, Tecnologia e Empreendedorismo, 2012-1-9).

Sendo assim torna-se imperativo que Portugal, como Estado independente e soberano, exerça a vigilância e defesa do território sobre o qual é soberano.

No entanto, para vigiar e proteger o território nacional, nomeadamente a nossa ZEE, é necessário saber como dispor os nossos recursos ao longo desse espaço, uma vez que estes não são ilimitados e o espaço em causa é de dimensões consideráveis. Pelo que, antes de dispor esses meios e de definir a estratégia de vigilância e defesa, é necessário adquirir informação sobre os fenómenos de maior importância que ocorrem na ZEE portuguesa para,

depois, gerar um conhecimento que permita colocar os meios adequados, nos locais certos, na altura ideal e com a estratégia perfeita para vigiar e/ou defender determinado interesse.

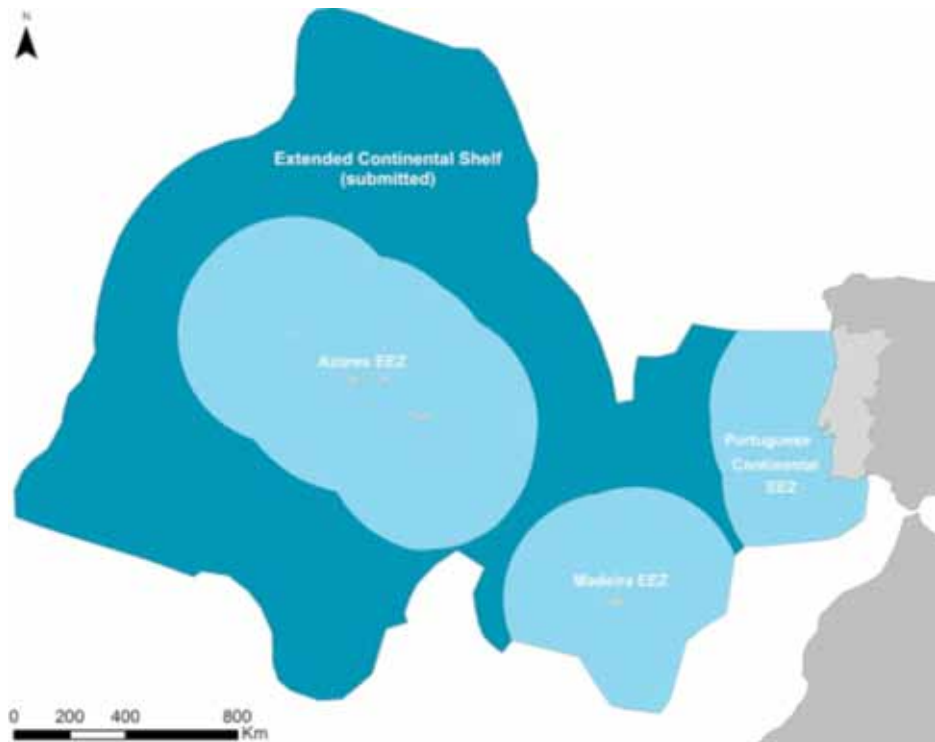
Atualmente, os responsáveis pela vigilância marítima em Portugal são a Marinha e a Força Aérea, no entanto ambos procuram recolher dados e informação de forma independente, havendo alguma dificuldade em estabelecer uma cooperação para gerar um conhecimento partilhado que possa rentabilizar as missões de *Intelligence Surveillance and Reconnaissance* (ISR).

O presente trabalho centra-se na tentativa de compreender como a Força Aérea Portuguesa adquire o conhecimento que lhe permita realizar com eficácia a sua missão no contexto do exercício da soberania na ZEE, especialmente no que diz respeito à informação que a marinha fornece ou pode fornecer. Para além disso, pretende-se ainda avaliar em que medida a Força Aérea pode contribuir para a geração do CSM da Marinha por forma a apoiar tanto as suas missões como as de outras entidades envolvidas na vigilância da ZEE.

2. CONHECIMENTO SITUACIONAL MARÍTIMO NA MARINHA

Num mundo marcado pela crescente procura de matérias-primas e de outros recursos vitais, a possibilidade de Portugal estender a sua plataforma continental para além das 200 milhas náuticas assume uma inegável relevância, não só pela perspetiva de acesso aos recursos minerais, energéticos e biogénéticos, mas também porque pode conduzir a um reposicionamento psicológico e estratégico de Portugal perante o mundo (SILVA, 2012).

A juntar a este panorama há que ter em conta o crescente aumento das ameaças transnacionais, como as traficâncias, as migrações ilegais, o terrorismo e a pirataria que, aliadas à imensidão da nossa ZEE (uma das maiores do mundo) dificultam a missão de vigiar e defender o “mar português”.



Com este contexto, a Marinha Portuguesa não se limita a desempenhar apenas as missões que decorrem da sua natureza de ramo das Forças Armadas, exercendo missões denominadas de interesse público, nomeadamente no campo da aplicação e verificação do cumprimento das leis e regulamentos marítimos, em espaços sob soberania ou jurisdição nacional. Desta forma, adotou-se um Sistema de Autoridade Marítima (SAM) baseado na integração de todas as entidades, civis e militares, com responsabilidades no exercício da autoridade marítima, mantendo como Autoridade Marítima Nacional o Chefe de Estado-Maior da Armada (CEMA).

Assim, o SAM tem como finalidade garantir o cumprimento da lei nos espaços marítimos sob jurisdição nacional, tendo como pilar essencial da sua autoridade a Marinha Portuguesa.

Já no que concerne à intervenção marítima, a Marinha desempenha um papel fulcral, assegurando a atuação significativa no combate a ilícitos marítimos, quer de forma independente, quer de forma integrada com outras entidades envolvidas nesse tipo de missões. Desta forma, surge o termo “Marinha de Duplo Uso”, que engloba as ações militares e as não militares, ligadas à segurança marítima, à proteção civil com incidência nos espaços marítimos e à investigação científica no mar.

No entanto, para intervir enquanto autoridade marítima, a Marinha precisa de obter informação sobre os acontecimentos que ocorrem nos espaços marítimos de interesse nacional, pois para detetar o que é ilícito, primeiro é preciso conhecer o que se passa no espaço marítimo de interesse.

Neste sentido, a Marinha recorre a sistemas de vigilância que facilitam e promovem a recolha de informação referente ao que se passa na nossa ZEE. De entre estes sistemas, os mais relevantes são o *Vessel Tracking System* (VTS), o *Automatic Identification System* (AIS), o *Vessel Monitoring System* (VMS) e o *Long Range Identification and Tracking* (LRIT). Todos estes sistemas permitem a identificação e deteção de embarcações, no entanto os três primeiros são de curto alcance (apenas 50 milhas náuticas para além da linha de costa) e o último, o LRIT, embora seja de longo alcance, apenas permite a deteção de embarcações com mais de 300 toneladas.

Assim, a Marinha Portuguesa tem desenvolvido o seu trabalho baseada no conceito de *Maritime Situational Awareness* (MSA) (PALMA, 2013) que, segundo o Capitão de Mar-e-Guerra Jorge Novo Palma, é definido como a perceção de eventos, militares e não militares, de atividades e circunstâncias dentro e associadas ao ambiente marítimo e que são relevantes para operações futuras.

Segundo Mariusz Koscielski (2007), oficial da marinha polaca, o objetivo do MSA deve ser a criação de um nível duradouro do panorama situacional do ambiente marítimo através de uma rede colaborativa e holística de sistemas de informação. O mesmo autor defende ainda que o MSA não é uma operação, por si só, mas sim uma ferramenta que pode ser usada numa operação.

Já outra definição deste conceito diz-nos que o MSA é uma capacidade ativa que procura distribuir a superioridade de informação adequada, no ambiente marítimo, para se atingir um entendimento comum do panorama marítimo, com o objetivo de aumentar a efetividade no planeamento e condução de operações (HANSSON, 2012).

No entanto, o conceito de MSA está recentemente a ser substituído por outro que a Marinha está a desenvolver: o Conhecimento Situacional Marítimo (CSM) (PALMA, 2013).

O Capitão de Mar-e-Guerra Jorge Novo Palma diz-nos que este conceito é definido como a criação de um nível de compreensão sobre a área marítima de interesse, por forma a permitir a previsão e identificação de situações de interesse (quer normais ou anormais), permitindo decisões mais rápidas e informadas, as quais vão produzir ações que criam efeitos desejados no tempo e na extensão dos interesses dos decisores. Quando comparado com o MSA, o CSM está um passo à frente no processo de compreensão despoletando as ações no contexto da missão atribuída, apoiando a iniciativa em vez da reação (PALMA, 2013).

O CSM é alcançado seguindo um processo que contempla as fases de vigilância, na qual se recolhe a informação; análise, onde a informação recolhida é analisada, correlacionada, fundida e partilhada com a comunidade de interesse; criação de conhecimento, na qual, como resultado da análise anterior, se vão obter padrões de atuação que facilitarão e sustentarão a decisão e atuação pretendidas.

Este conceito é, portanto, uma mais valia para a cadeia de decisão, na medida em que permite obter panoramas previsíveis de ocorrências no ambiente marítimo, obtendo, desta for-

ma, uma vantagem ao antecipar as melhores soluções para determinada situação, facilitando a decisão do comandante.

3. ISR NA FORÇA AÉREA PORTUGUESA

Portugal tem uma posição geográfica específica de articulação intercontinental, por onde cruzam muitas das mais importantes rotas aéreas e marítimas mundiais (CEDN, 2013).

Esta posição privilegiada de Portugal é delimitada por uma das maiores ZEE do mundo, a qual inclui uma plataforma continental que configura um território de referência do País (CEDN, 2103). Ora, a plataforma continental é indissociável da dimensão marítima de Portugal, consagrando ao País direitos soberanos na exploração e aproveitamento do elevado potencial dos seus recursos, bem como responsabilidades e desafios num espaço que renova a sua centralidade geoestratégica (CEDN, 2013).

Assim, porque só se pode explorar, proteger e preservar aquilo que se conhece, a exploração sustentável dos seus recursos minerais, energéticos e biogenéticos, e consequente criação de valor que promova o desenvolvimento económico, exige que se criem condições que assentam em três fatores críticos de sucesso: melhorar o conhecimento científico, incrementar a capacitação tecnológica e defender a plataforma continental (CEDN, 2013).

Como já foi referido, a missão de garantir a segurança nos espaços marítimos sob soberania ou jurisdição nacional é fulcral para o progresso nacional, devendo as estruturas que concorrem para essa missão estar devidamente consolidadas, com base num modelo racional que permita potenciar as capacidades que o Estado lhes atribui (CÂNDIDO, 2011).

Para o efeito, é necessário: manter uma capacidade adequada de vigilância e controlo do espaço marítimo sob responsabilidade nacional e do espaço marítimo interterritorial (CEDN, 2013); clarificar as competências e racionalizar os meios e as instituições envolvidas na vigilância e assistência marítima, maximizando as capacidades existentes e melhorando a eficiência no emprego dos meios (CEDN, 2013); otimizar a coordenação e a utilização dos meios de combate às atividades criminais efetuadas no mar (CEDN, 2013).

Neste sentido, a Força Aérea enquanto ramo das Forças Armadas, é mais do que uma das entidades envolvidas nas ações de vigilância marítima, uma vez que possui características que mais nenhum outro ramo das Forças Armadas tem, neste contexto.

De facto, a Força Aérea está dotada de meios, sistemas e capacidades que fazem deste ramo o mais apto para executar missões de ISR, no contexto do exercício da soberania sob os espaços marítimos de interesse nacional. Isto deve-se ao facto de a Força Aérea fazer uso do poder aéreo e, consequentemente, das suas principais características: velocidade, raio de ação, flexibilidade e o vasto campo de visão que uma plataforma fornece.

Estas capacidades são materializadas nas plataformas C-295M, P-3C/CUP+ *Orion* e EH-101 *Merlin*, todas com características excecionais para o desempenho de missões de ISR. Juntamente com estes meios, também os seus sensores e sistemas conferem um potencial único para as missões de vigilância marítima.

Deste modo, a Força Aérea é a entidade, por excelência, que faz vigilância marítima, ideia reforçada na citação do Coronel Piloto-Aviador Duarte Gomes: “a vigilância marítima não é feita por meios de superfície, mas sim por meios aéreos, assim como a intervenção no mar é feita por meios de superfície e não aéreos”.

À semelhança do que é feito na Marinha, também a Força Aérea cria o seu próprio conhecimento, através da informação recolhida pelas missões ISR. Esta informação é analisada, numa primeira fase na Esquadra responsável pela missão ISR e, posteriormente, no Centro de Reconhecimento Vigilância e Informações (CeRVI), onde é processada com mais minúcia (GOMES, 2014).

Neste centro, a Força Aérea dá o exemplo ao conseguir conjugar as informações com as operações, num único local especialmente designado para esse efeito, reduzindo a quantidade de patamares pelos quais a informação tem que passar desde a sua recolha até à decisão final.

4. SOBRE A COOPERAÇÃO EM CSM ENTRE A FORÇA AÉREA E A MARINHA

Com este enquadramento percebemos que tanto a Marinha como a Força Aérea apresentam características e capacidades únicas para desempenhar a missão de defesa e vigilância e defesa dos espaços marítimos de interesse nacional.

Primeiro, analisando a Marinha neste contexto, destacamos a sua capacidade de intervenção em ambiente marítimo. Assim, a Marinha apresenta uma clara vantagem face à Força Aérea, já que consegue projetar os seus meios por forma a intervir em situações que exijam a presença de uma autoridade no mar.

Desta forma, consegue-se obter um efeito persuasor e dissuasor sobre os possíveis infratores da Lei do Estado no mar. No que toca ao efeito dissuasor, os submarinos são um meio fundamental para a manutenção da soberania do Estado no mar, já que conseguem manter o controlo de forma discreta e dissimulada, sendo impossíveis de prever e contrariar por qualquer transgressor da Lei.

Outra das grandes vantagens da Marinha é a construção do CSM. Assim, com este conceito, a Marinha consegue obter uma compreensão efetiva das atividades no domínio marítimo, sendo-lhes possível desenvolver padrões preditivos que permitem aos comandantes atuarem de forma oportuna, precisa e eficaz.

Quanto à Força Aérea, vimos que está dotada de meios, sistemas e capacidades que fazem deste ramo o mais apto para executar missões de ISR, no contexto do exercício da soberania sob os espaços marítimos de interesse nacional. Juntamente com estes meios, também os seus sensores e sistemas conferem um potencial único para as missões de vigilância marítima.

Para além disso, a Força Aérea também é um exemplo a seguir ao juntar, num único local, as informações e as operações, conseguindo centralizar, de forma sincronizada e integrada, o planeamento e a execução das missões de ISR. Desta forma, reduz-se o número de locais e pessoas por onde a informação passa antes de ser usada para o planeamento de operações, no âmbito marítimo, potenciando a decisão e ação do comandante.

Portanto, ambos os ramos possuem mais valias neste contexto. Contudo, também apresentam algumas dificuldades que podem ser colmatadas se cooperarem de forma expedita e sem atritos. Esta cooperação e conjugação de esforços, faz ainda mais sentido quando falamos do imenso espaço a vigiar e da crise financeira que dificulta, de certa forma, a atuação das Forças Armadas na vigilância e intervenção marítima.

5. CONCLUSÃO

Foi há seiscentos anos que Portugal, na sequência de uma opção estratégica visionária, embarcou numa viagem épica por mares nunca dantes navegados, em busca de riquezas e prosperidade. Como resultado, este pequeno País, que Camões apelidou de “Ocidental praia Lusitana”, criou um império ultramarino com presença em todos os continentes. Contudo, muitas foram as adversidades e dificuldades sentidas para atingir tais feitos, feitos estes que foram o produto da perseverança e da coragem de um povo que quis escrever a sua própria história.

Hoje, à semelhança do que aconteceu nos descobrimentos, Portugal pode ter, novamente, a hipótese de encontrar no mar a solução para os problemas que o País atravessa. Com uma das maiores ZEE da Europa, tal como referido nos capítulos anteriores, e uma plataforma continental que pode vir a ser estendida para lá das 200 milhas, Portugal pode ter a oportunidade de explorar riquezas e recursos que podem gerar um crescimento económico sustentável do nosso País.

No entanto, para aproveitar esta oportunidade vimos que é preciso conhecer e defender o “mar português”, tarefa que se torna difícil devido, não só, à imensidão do espaço considerado, como também a um ambiente marítimo cada vez mais imprevisível e em constante mutação.

Neste sentido, Portugal precisa de Forças Armadas não só capazes de desempenhar a missão de defender militarmente a República, mas também com capacidade de defender e assegurar os interesses do País nos espaços marítimos de interesse nacional.

Foi com este sentimento que todo o trabalho foi desenvolvido, ou seja, neste contexto marcado pelo crescente aumento das ameaças do foro marítimo, pela grave crise económica que afeta o nosso País e pela imensidão do mar português que importa vigiar e defender, torna-se imperativo que as duas principais entidades envolvidas neste contexto desenvolvam esforços cooperativos numa perspetiva de eficiência de recursos e eficácia da missão.

Com toda a análise efetuada, percebemos que a Marinha não tem capacidade de manter uma cobertura informacional de toda a área marítima de interesse para Portugal, no entanto, a Força Aérea, com os seus meios e sistemas, que exploram as capacidades do poder aéreo, pode fornecer informação necessária para que a Marinha consiga atuar de forma mais eficaz e eficiente.

Assim, conclui-se que a Força Aérea tem não só a capacidade, como também a oportunidade para apoiar a Marinha na construção e gestão do seu CSM.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Autor desconhecido (2012): **Estudo indica mais-valias da extensão da plataforma continental portuguesa.** Ciência Hoje. Jornal de ciências, Tecnologias e Empreendedorismo. [Em linha]. [Consult. 16 Nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=52478&op=all>>.

Cândido, António Manuel de Coelho (2011): **Espaços marítimos sob soberania ou jurisdição nacional. Um modelo para potenciar o exercício da autoridade do Estado no mar.** Lisboa: Comissão Cultural da Marinha. ISBN 978-989-8159-42-7.

Gomes, Duarte (2014): **Entrevista.**

Hansson, (2012): <http://tv.theiet.org/technology/communications/15743.cfm?> - **Powerpoint**

Hansson, Leif (2012): **Maritime Situational Awareness.** Londres: Leif Hansson. 24 Diapositivos.

Koscielski, Mariusz (2007) [et al.]: **Maritime Situational Awareness.** Polónia: Academia Naval Polaca.

Palma, Jorge Novo (2013): **Intervenção na Conferência TechNet da AFCEA.**

RCM N.º 19/2013. D. R. I Série. 67 (2013-04-05) 1981-1995.

SILVA, Jaime Carlos do Vale Ferreira da (2012): **A Plataforma Continental Portuguesa. Análise do Processo de Transformação do Potencial Estratégico em Poder Nacional.** Lisboa: Comissão Cultural da Marinha, 2012. ISBN 978-989-8159-58-8.

Validação de um Sistema DGPS para Navegação de UAV do Projeto PITVANT



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

**Orientadora: Maria De Fátima Alves Nunes Bento, Major Engenheira Eletrotécnica
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra**

**Coorientador: Francisco Miguel Rodrigues Machado, Tenente Engenheiro Eletrotécnico
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra**

Resumo: O conceito DGPS surgiu da necessidade de melhorar a precisão de posicionamento obtida pelo GPS SPS. De facto, este conceito possibilita a remoção de várias fontes de erro que afetam o sistema GPS, incrementando em larga escala a precisão final das soluções calculadas. Desta forma, é permitido a utilização deste sistema GNSS em diversas áreas, nas quais seja necessária maior precisão em termos de posicionamento do que aquelas alcançadas graças a qualquer serviço GPS *stand alone*.

Atualmente, as plataformas do projeto PITVANT, desenvolvidas pelo CIAFA, possuem a bordo um piloto automático, o Piccolo da *Cloud Cap*, com um recetor de GPS embebido capaz de determinar o posicionamento do UAV em tempo real. Adicionalmente, foram adquiridos vários sistemas DGPS da *CloudCap* para futura implementação nas aeronaves do projeto PITVANT, com vista à melhoria da performance das mesmas em termos de precisão de navegação. Desta forma, o principal objetivo deste trabalho passou por validar a utilização do sistema DGPS adquirido pelo CIAFA, em termos de precisão, como sistema de navegação dos UAV do projeto PITVANT.

A validação foi feita com base em dois ensaios nos quais se testou a exatidão, a precisão e a estabilidade das soluções de posição obtidas pelo sistema em validação: um ensaio estático e um ensaio dinâmico. Em ambos recorreu-se a mais dois sistemas para além daquele já em avaliação: o recetor GPS embebido no piloto automático do UAV (utilizado na navegação do mesmo) e um recetor GPS adicional para recolha de dados para futuro pós-processamento diferencial. Note-se que o processo de validação incidiu sobretudo na comparação das soluções obtidas pelo DGPS em validação e do GPS atualmente utilizado na navegação dos UAV com os dados pós-processados do GPS adicional, teoricamente mais precisos que qualquer um dos anteriores.

Grças à metodologia adotada foi possível verificar uma maior estabilidade, bem como maiores precisões, nas soluções de posição calculadas pelo sistema DGPS em validação, comparativamente com o sistema de navegação em utilização pelos UAV do CIAFA. Apesar de se ter considerado o sistema validado para fins de navegação dos UAV, limitou-se a sua utilização para a condução de aterragens autónomas pelo facto de se terem verificado erros médios em termos altimétricos na ordem dos 75 centímetros, o que dada a pequena dimensão das aeronaves poderia ser catastrófico aquando a condução das mesmas.

Palavras-chave: DGPS; GPS; Precisão; UAV.

1. INTRODUÇÃO

O nível de autonomia associado a um Veículo Aéreo Não Tripulado (*Unmanned Air Vehicle* – UAV), bem como o processo de certificação dos mesmos, vem exigir que estas plataformas detenham a bordo a capacidade de determinar com precisão a sua posição. Face ao exposto, torna-se fundamental que as plataformas UAS (*Unmanned Air System*) do Centro de Investigação da Academia da Força Aérea (CIAFA) tirem o maior proveito da tecnologia GPS (*Global Positioning System*) associado às técnicas diferenciais (DGPS), por forma a melhorar a precisão da solução de navegação do UAV em tempo real possibilitando consequentemente, a sua utilização nas mais diversas missões.

Neste momento, as plataformas do projeto PITVANT, desenvolvidas pelo CIAFA, possuem a bordo um piloto automático, o Piccolo da *Cloud Cap*, com um recetor de GPS embebido capaz de determinar o posicionamento do UAV em qualquer ponto da sua trajetória. Adicionalmente, o Centro de Investigação dispõe de um recetor DGPS pronto a ser instalado e integrado com o sistema GPS existente a bordo do UAV.

Face ao exposto, este trabalho visa fazer uma validação do sistema DGPS (*Differential GPS*) a ser integrado no UAV. A validação será feita recorrendo-se a execução de pelo menos dois ensaios/testes: um ensaio no solo, numa situação estática, e um ensaio em voo, de forma a avaliar o comportamento do sistema numa situação dinâmica.

2. GPS DIFERENCIAL

Com o fim da indução dos erros no sinal aberto ao comum utilizador, no final da década de 1990, aumentou-se a precisão do serviço de determinação de posição dos 100 para os 10 metros. No entanto, para determinados fins, este aumento ainda não era o desejável e, por via da necessidade de monitorizar a qualidade do sinal, bem como determinar correções necessárias a fazer localmente ao mesmo, surgiram vários sistemas de aumento de precisão, entre os quais o GPS Diferencial (DGPS).

Desta forma, o DGPS surgiu fruto de necessidades de obtenção de soluções de posição com uma maior precisão do que aquela fornecida pelos dois serviços GPS (o *Standard Position Service* e o *Precise Position Service*). O GPS por si só revelou-se desde cedo como o melhor sistema de navegação por satélites para médias e longas distâncias pelo simples facto de apresentar maior exatidão do que todos os sistemas de radionavegação utilizados para os mesmos fins. Com o aparecimento do DGPS conseguiu-se elevar a exatidão das soluções obtidas para um novo patamar, colocando o sistema de origem americana ao lado dos melhores sistemas de aproximação de precisão, como é o caso do *Instrument Landing System* (ILS) e *Microwave Landing System* (MLS).

Um DGPS consiste num sistema auxiliar de posicionamento com recurso ao sinal GPS, baseando-se na aplicação de correções diferenciais, que aumentam significativamente a precisão da solução de posição obtida. O seu funcionamento implica desde logo a existência de dois recetores distintos de sinal GPS. Um deles é um recetor instalado numa base estática no solo, cujas coordenadas são conhecidas com elevada precisão, enquanto outro encontra-se instalado no veículo do qual se pretendem saber as coordenadas com maior precisão do que a que se teria usando apenas o sinal GPS sem qualquer tipo de correção (Rover).

Um sistema DGPS pode adotar diferentes funcionamentos tendo em conta os objetivos pretendidos pelos seus utilizadores. Num modo de obtenção de correções em tempo real será necessário a instalação de um *link* de comunicações entre a estação de referência no solo (GS) e o equipamento de posicionamento instalado no rover (Figura 1). Caso contrário,

se as correções diferenciais não forem necessárias em tempo real, é possível efetuar um pós-processamento diferencial dos dados com *softwares* e algoritmos específicos utilizando igualmente os dados recolhidos pelos dois recetores em simultâneo. No entanto, para um sistema que calcule as correções com base nas pseudo-distâncias, para que o conceito funcione, ambos os recetores (da GS e do Rover) têm utilizar o mesmo conjunto de satélites para aferirem a sua posição ou, em última instância, o recetor instalado no rover poderá utilizar parte dos satélites visíveis pela GS. Caso contrário, a determinação dos erros seria impossível uma vez que o sistema apenas determina aqueles que são comuns a ambos os recetores. Aliás, é com base nas medições da GS que o recetor instalado no rover aplica as correções diferenciais à posição por si determinada.

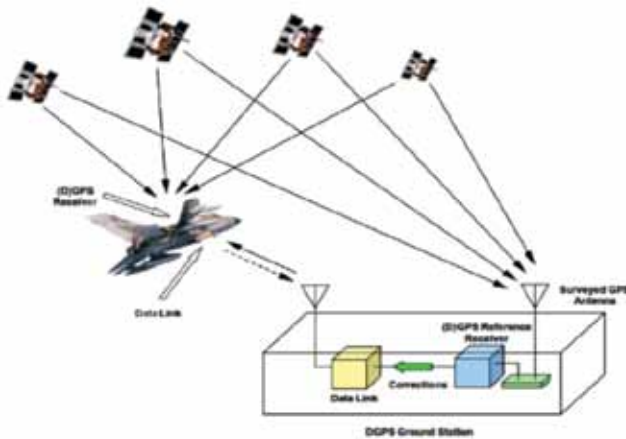


Figura 1 – Esquematisação de um sistema DGPS

Invariavelmente o DGPS permite a remoção quase por completo de grande parte das fontes de erro do GPS. Erros resultados do atraso de sinal fruto da propagação do mesmo na atmosfera, da falta de sincronismo dos relógios dos satélites, bem como das efemérides imprecisas (no caso da reativação da Disponibilidade Seletiva) são totalmente removidos com o uso deste sistema. No entanto, erros intrínsecos a cada recetor, tais como aqueles fruto do multicaminho e do ruído inerente a cada equipamento eletrónico, não são removíveis com base em correções diferenciais. Podem, no entanto, ser alvo de atenuações aquando a aplicação de outro tipo de processamento e da utilização de diversos filtros que tenderão a estabilizar o sinal. Desta forma, é possível concluir que o facto de se utilizar qualquer um dos serviços GPS não tem influência na solução final obtida pelo equipamento DGPS. No entanto, isto não invalida a obrigatoriedade de ambos os recetores (da GS e do Rover) utilizarem o mesmo serviço, independentemente de qualquer um dos dois que seja.

Tabela 1 – Influência das várias fontes de erro no GPS Stand Alone e no DGPS

Fonte de Erro	GPS Stand Alone (m)	DGPS (m)
Efemérides	5 – 20	0 – 1
Atraso Ionosférico	15 – 20	2 – 3
Atraso Troposférico	3 – 4	1
Erros dos relógios dos Satélites	3	0
Multicaminho	2	2
Ruído do recetor	2	2
Disponibilidade Seletiva (SA) (quando ativa)	50	0

Contudo, para grandes distâncias entre os recetores, fruto das posições de ambos serem distintas e por isso as pseudo-distâncias por eles aferidas diferentes, os erros tendem a tornar-se independentes. Desta forma, as correções diferenciais não fazem qualquer sentido e, inevitavelmente, o conceito DGPS deixa de existir por completo.

3. PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO

Num processo de validação de qualquer sistema é inevitável a determinação de determinados parâmetros que justificarão a sua validação. No caso específico desta dissertação, na qual se pretende validar um sistema de posicionamento, avaliar-se-á não só a precisão das soluções obtidas mas também a sua exatidão.

A precisão define-se como a distância que efetivamente existe entre a posição aferida pelo sistema em estudo e a posição real onde o recetor se encontra. Este parâmetro será avaliado nesta dissertação tendo em conta os erros médios obtidos para o sistema em validação relativamente a uma referência tida como mais precisa. Por outro lado, tem-se a exatidão que se define graças à dispersão das amostras de posição determinadas pelo sistema, ou seja, um sistema cujas amostras apresentem uma reduzida dispersão espacial é considerado um sistema exato. Analogamente, se as amostras apresentarem uma elevada dispersão pode-se considerar que o sistema já não é exato. Assim sendo, como esquematizado na Figura 2, um determinado sistema pode ser preciso e exato, preciso mas não exato, exato mas não preciso ou nenhuma de ambas. Desta forma, estas duas características são completamente independentes, sendo também a sua análise efetuada de forma distinta tendo em conta vários objetivos.

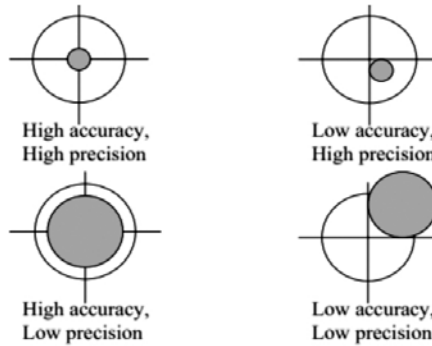


Figura 2 - Precisão vs. Exatidão

É na análise da exatidão que é necessário introduzir alguns conceitos até agora não referidos em toda a dissertação. O erro circular provável (*Circular Error Probable* – CEP) e o erro vertical provável (*Vertical Error Probable* - VEP) analisam igualmente a exatidão das amostras computadas por um sistema de posicionamento segundo parâmetros idênticos, em termos planimétricos e em termos verticais. O primeiro define-se como o raio de um círculo em delineado horizontalmente, centrado na posição exata do recetor, e no qual se encontram 50% das amostras aferidas pelo sistema de posicionamento. Já o segundo também representa a distância máxima da posição exata do recetor onde estão inseridas 50% das amostras mas em termos verticais, ou seja, é o mesmo conceito explicado para o CEP com a exceção de ser criado para uma análise dos dados em termos de exatidão vertical.

$$CEP = 0,62 \sigma_y + 0,56 \sigma_x$$

σ_y – desvio padrão dos erros em latitude ;

σ_x – desvio padrão dos erros em longitude.

Com base nestes três parâmetros anteriormente apresentados e numa análise cuidada dos erros médios aferidos para o sistema em validação é que se estudará a viabilidade da sua utilização como sistema de navegação de precisão para dos UAV do projeto PITVANT.

Durante os testes de validação do sistema será de esperar precisões em termos de posição superiores aos mínimos exigidos pela *Internacional Civil Aviation Organization* (ICAO) até para as fases mais críticas do voo (aproximações e aterragem). A verificar-se afirmativamente a descrição das funcionalidades da Unidade de Processamento DGPS da *CloudCap* por parte do fabricante, é espectável superarem-se os requisitos mínimos da ICAO para utilização de *Global Navigation Satellite System* (GNSS) para a aviação geral em qualquer tipologia de espaço aéreo. No entanto, dada a reduzida dimensão dos UAV desenvolvidos pelo CIAFA, define-se na Tabela 2 os requisitos mínimos para a validação do DGPS em estudo para fins de navegação como sistema de precisão.

Tabela 2 - Requisitos Mínimos para Validação do Sistema DGPS como Sistema de Navegação de Exatidão

Exatidão	
VEP	CEP
<1 Metro	<2,5 Metros

4. AVALIAÇÃO DO SISTEMA DGPS DA CLOUDCAP INTEGRADO NO AUTO-PILOT DO PICCOLO

4.1 Instrumentação do Sistema

O sistema DGPS em estudo nesta tese é fabricado pela *NovAtel*, sendo considerado um receptor GPS de elevada performance que quando integrado com um piloto automático do Piccolo é capaz de elevar significativamente a performance deste em termos de navegação.

O sistema DGPS da *NovAtel* é constituído por dois receptores de sinal GPS distintos: um instalado na GS e outro instalado na aeronave. O primeiro é uma antena ativa⁽¹⁾ e encontra-se ligada diretamente à GS, na qual serão calculadas as correções diferenciais de posição que posteriormente serão enviadas para a aeronave através de um *link* de comunicações. Por outro lado, o segundo receptor será instalado na fuselagem do UAV (*rover*), sendo as correções diferenciais, emitidas pela GS, recebidas através de uma antena secundária, cuja principal função é estabelecer a ligação de comunicações entre a anterior e o piloto automático responsável pelo voo da aeronave. No diagrama que se segue é possível ver a constituição genérica de um sistema DGPS da *NovAtel*. À direita é possível identificar o diagrama do equipamento montado a bordo do UAV, no qual se destaca a Unidade de Processamento DGPS (*NovAtel FlexPak*), que se encontra conectada a uma antena ativa de GPS e ao piloto automático Piccolo. Por outro lado, à esquerda é possível identificar o painel traseiro da GS, no qual também se efetua a ligação da antena ativa de GPS, através da qual serão recebidos os sinais para o cálculo das correções diferenciais. Note-se que ambos também se encontram igualmente conectados a uma antena UHF a partir da qual se processarão as comunicações entre si para transmissão das correções diferenciais.

(1) Antena que tem a capacidade de captar sinal em duas bandas de frequência distintas (L1 e L2).

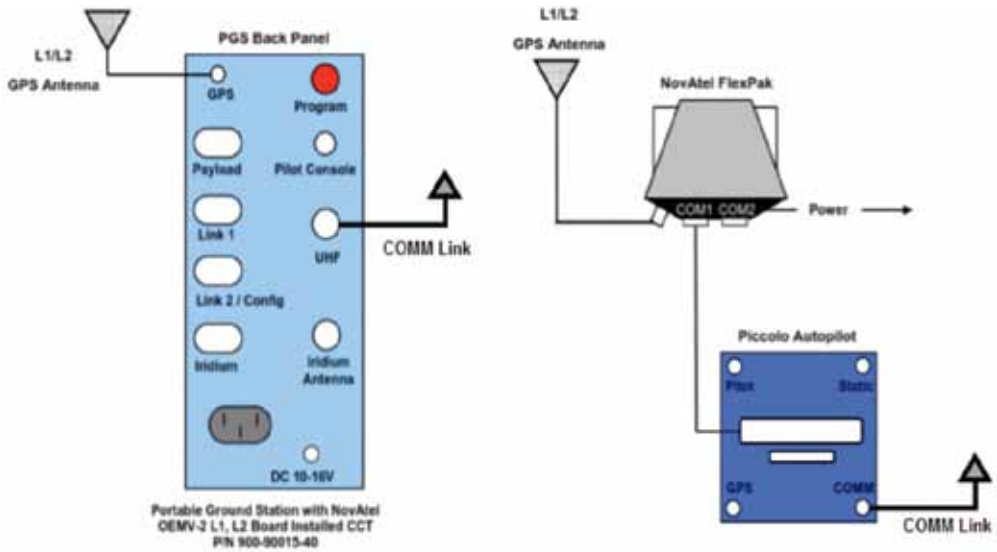


Figura 3 - Diagrama do sistema DGPS da NovAtel.

A GS, depois de receber os sinais GPS e conhecendo a sua posição exata, efetua as correções diferenciais e envia-as para o piloto automático Piccolo a bordo do UAV através de um *link* de comunicações. Por sua vez, o piloto automático após a recepção das correções, envia-as para a Unidade de Processamento DGPS e este, com base nas primeiras e nos sinais recebidos pela antena ativa a ele conectada, calcula a solução de posição com correção diferencial em tempo real, obtendo uma precisão em termos de navegação tendencialmente superior àquela obtida anteriormente apenas com recurso ao sinal GPS *stand-alone*. Este sistema tem a capacidade de aferir a solução de posição do UAV relativamente à GS até uma exatidão máxima de 2 centímetros em termos horizontais e de 2 a 4 centímetros em termos verticais. Contudo, há que ter em conta que a posição da última é definida tendo em conta uma média de amostragem de várias soluções de posição que poderão estar desfazadas da precisa em termos horizontais até um máximo de 5 metros, fruto das várias fontes de erro associadas ao GPS não removíveis com processamento diferencial – multicaminho. As correções diferenciais são inicialmente obtidas com base na análise do código dos sinais GPS, passando no entanto ao fim de alguns minutos para a análise da fase dos sinais, através da qual se alcançam as maiores precisões em termos de correções. Para que seja possível manter um cálculo contínuo e viável das correções diferenciais através da leitura da fase dos sinais, a GS tem obrigatoriamente de ser capaz de seguir continuamente pelo menos cinco satélites a emitirem sinal em ambas as frequências (L1 e L2).

4.2 Campanha de Ensaios

Com vista à concretização do objetivo central da dissertação foi necessário efetuar uma recolha de dados de forma a avaliar o comportamento do sistema em validação. Como já explicitado anteriormente foram efetuadas duas tipologias de ensaios: um ensaio estático e um ensaio dinâmico.

Urgia portanto efetuar uma comparação entre o sistema em validação e o atualmente utilizado pelo CIAFA para navegação dos UAV. Desta forma, como esquematizado na Figura 4, para recolha de dados DGPS foi implementado na aeronave usada na campanha de ensaios o sistema DGPS em validação integrado com um piloto automático secundário, extraindo-se os dados GPS diretamente do sistema de navegação já instalado a bordo da mesma. No entanto, para a definição dos erros das duas fontes de dados anteriores era necessário obter-se uma terceira mais precisa que estas. Foi então pedido um terceiro recetor GPS à Deimos com vista à recolha de dados para pós-processamento diferencial. Desta forma, para os dois ensaios realizações tinham-se efetivamente instalados a bordo do UAV três sistemas de recolha de dados: um sistema de recolha de dados DGPS, integrado com um Piccolo secundário apenas para registo dos mesmos, e dois sistemas de recolha de dados GPS, um da Deimos, que efetuou o registo das posições num computador também instalado a bordo, e outro integrado com o Piccolo principal, para registo dos dados GPS e controlo do voo da aeronave no ensaio dinâmico.

Desta forma, após a realização dos dois ensaios possuíam-se três log's de posição distintos. No entanto, os dados provenientes do GPS da Deimos ainda forma alvo de pós-processamento diferencial graças ao software RTKLIB v.2.4.1, no qual entraram as efemérides precisas do *International GNSS Service* (IGS) e as correções diferenciais *Satellite Based Augmentation System* (SBAS) transmitidas pelo EGNOS.

Na fase final de toda a campanha de ensaios tinham-se disponíveis então as três fontes de dados que efetivamente entrariam para a análise de resultados com vista à avaliação do Sistema DGPS da *CloudCap*: os dados GPS do Piccolo (GPS_Pic), os dados DGPS do Piccolo (DGPS_Pic) e os dados DGPS da Deimos (DGPS_Dei), mais precisos que os dois anteriores e, por isso, usados como referência para comparação dos mesmos.

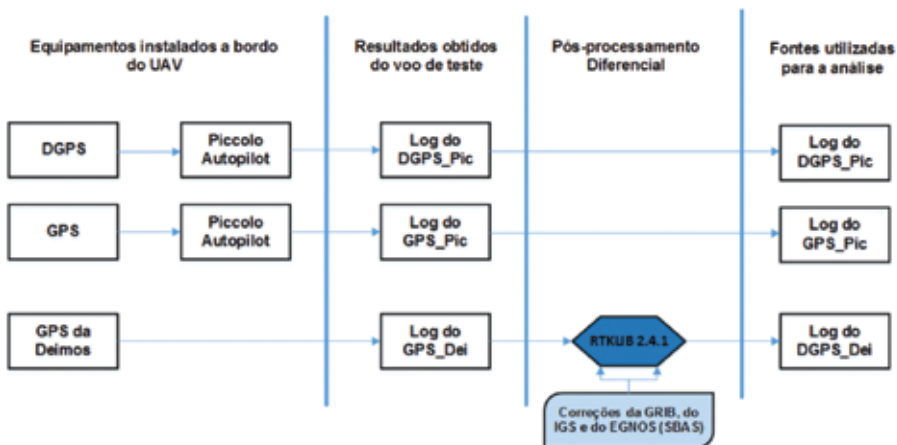


Figura 4 – Processo de obtenção das fontes necessárias para a análise dos dados

4.3 Resultados Obtidos

Dos dois ensaios realizados obtiveram-se os três *log's* de posição distintos explicitados anteriormente. Resultado do pós-processamento diferencial dos dados recolhidos pelo GPS da Deimos obteve-se então a fonte de dados de referência, através da qual se efetuou a comparação dos dados dos dois sistemas de recolha integrados com os pilotos-automáticos Piccolo (GPS e DGPS).

Foi então criado um algoritmo em MatLab para tratamento e processamento dos dados gerados durante a campanha de ensaios. Através do algoritmo foi possível calcular valores imprescindíveis para a validação do sistema em estudo, tais como: erros médios das amostras relativamente aos dados de referência, desvios-padrão dos intervalos de amostragem e valores de CEP e de VEP.

4.4 Análise de dados

4.4.1 Ensaio estático

No ensaio estático é possível verificar-se através do Gráfico 1 uma menor dispersão espacial das amostras recolhidas pelo DGPS integrado com o Piccolo, evidenciando desde logo a sua exatidão nesta tipologia de ensaio. Adicionalmente, verifica-se também em termos altimétricos (Gráfico 2) uma menor variabilidade das soluções de posição calculadas pelo sistema em avaliação. Note-se também uma proximidade entre as amostras calculadas para este sistema e as obtidas pela fonte de dados usada como referência (DGPS da Deimos)

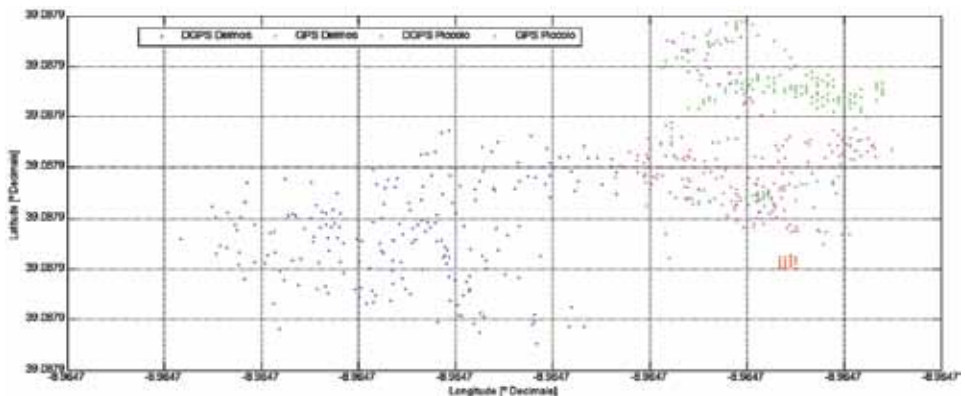


Gráfico 1 - Latitude vs. Longitude para o ensaio estático

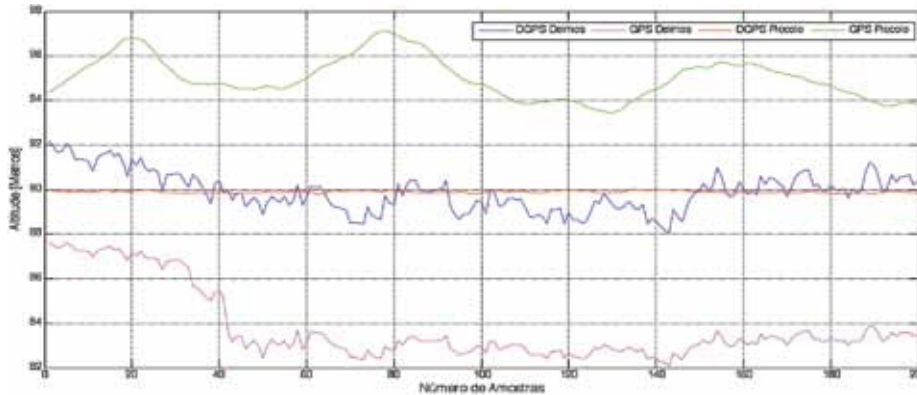


Gráfico 2 - Altimetria para o ensaio estático

Contudo, é efetivamente através da Tabela 3 se pode ter uma percepção generalizada dos resultados alcançados com o ensaio estático. Verifica-se que as amostras de posição calculadas pelo DGPS do Piccolo são aquelas que possuem o menor desvio padrão e os menores erros médios relativamente à fonte de referência, com exceção para o caso da longitude na qual se verifica um menor erro médio para o GPS do Piccolo. De salientar também é o facto de os menores valores de CEP e VEP terem sido obtidos para o DGPS, confirmando assim a sua melhor exatidão quando comparado com o sistema atualmente em utilização para navegação dos UAV do CIAFA.

Tabela 3 - Valores obtidos após o processamento dos dados no ensaio estático

ESTÁTICO						
	DGPS do Piccolo			GPS do Piccolo		
	Latitude	Longitude	Altitude	Latitude	Longitude	Altitude
Valor Médio	39,0879	-8,9647	89,8903	39,0879	-8,9647	95,0121
Desvio-padrão	2,69E-07	2,57E-07	0,0475	4,8E-06	3,12E-06	0,9312
Erro médio	0,6222	1,6136	0,7081	3,3497	1,1281	5,1240
CEP	0,5825			0,8206		
VEP		0,6136				0,6414

4.4.2 Ensaio Dinâmico

Numa segunda fase da campanha de ensaios analisou-se o comportamento dos sistemas de recolha integrados com os pilotos-automáticos Piccolo. Seguidamente são apresentados gráficos semelhantes aos já expostos anteriormente, mas desta vez para o ensaio dinâmico. De realçar sobretudo o gráfico de altitude, no qual se denota uma proximidade entre as amostras calculadas pelo DGPS do Piccolo com as obtidas na solução de referência, evidenciando-se uma maior precisão dos dados aferidos pelo DGPS do Piccolo comparativamente com os recolhidos pelo GPS também do Piccolo.

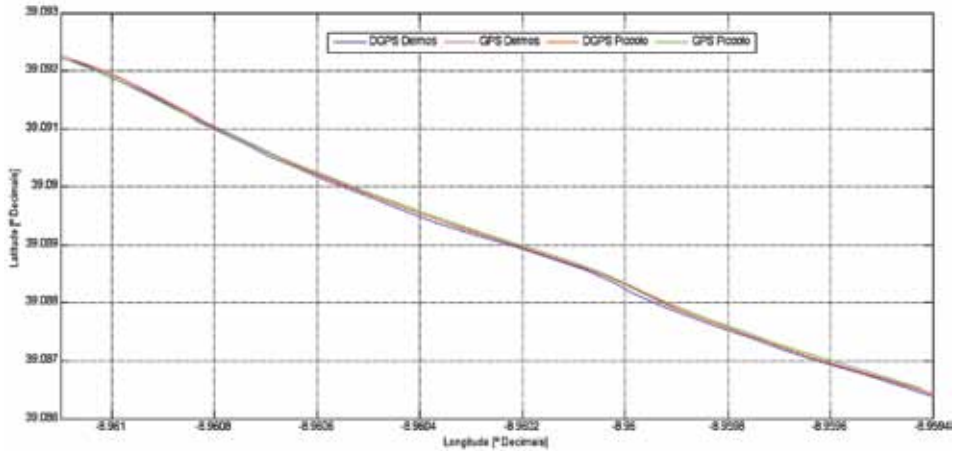


Gráfico 3 - Latitude vs. Longitude para o ensaio dinâmico

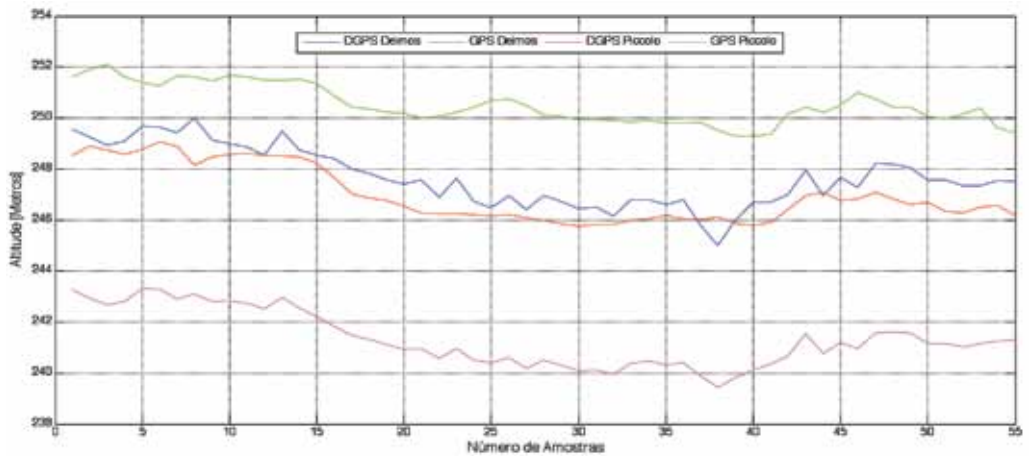


Gráfico 4 - Altitude para o ensaio dinâmico

Contudo, através da Tabela 4 verifica-se que os menores desvios-padrão são obtidos para o GPS do Piccolo. Isto porque a navegação da aeronave foi totalmente conduzida com base nos dados recolhidos pelo GPS já integrado com o piloto automático a bordo, que também foi responsável pela recolha de dados GPS para o estudo em questão. Daí que todas as correções aos parâmetros definidos para o voo atuassem sobre estes mesmos dados, levando a que o seu desvio-padrão fosse efetivamente o menor. No entanto, realça-se mais uma vez para o DGPS os menores erros médios, com exceção para a longitude (o que não foi possível explicar apenas com base nos testes realizados), e os menores valores de CEP e VEP. Desta forma, verifica-se também em termos dinâmicos o já constatado durante o ensaio estático em termos de exatidão do sistema em avaliação relativamente ao atualmente utilizado para navegação das aeronaves.

Tabela 4 - Valores obtidos após o processamento dos dados no ensaio dinâmico

DINÂMICO						
	DGPS do Piccolo			GPS do Piccolo		
	Latitude	Longitude	Altitude	Latitude	Longitude	Altitude
Valor Médio	39,0893	-8,9603	246,9627	39,0895	-8,9603	250,5012
Desvio-padrão	1,8000E-03	5,2111E-04	1,0750E+00	1,8000E-03	5,2062E-04	7,6500E-01
Erro médio	5,9411	2,2882	0,7493	9,3281	0,6883	2,8421
CEP	0,6807			0,8939		
VEP		0,2695			0,3841	

5. CONCLUSÃO

Em termos globais, ambos os ensaios tiveram resultados que se podem considerar um sucesso tendo em conta o objetivo que levou à sua realização. O DGPS do Piccolo em termos de CEP e VEP ficou sempre abaixo do GPS integrado com o piloto automático do Piccolo. Apesar dos problemas verificados com a aferição dos erros em termos de longitude para o DGPS do Piccolo, em termos de CEP, este revelou melhor desempenho que o sistema de aferição de posição já incorporado no Piccolo Standard. Em termos planimétricos o DGPS do Piccolo revelou melhor desempenho em termos de precisão, relativamente a solução DGPS da *Deimos*, com 0,5825 metros no ensaio estático, contrastando com os 0,8206 metros do GPS do Piccolo, também no mesmo tipo de ensaio. Em termos verticais, o DGPS revelou-se também mais preciso, com 0,2695 metros, em oposição ao GPS também do Piccolo, com 0,3841 metros, ambos no ensaio dinâmico. Desta forma, pode-se concluir que o DGPS do Piccolo é aproximadamente 30% mais preciso em termos de aferição de posição, quer num plano vertical como horizontal, quando comparado com o GPS do mesmo sistema.

Tendo em conta o objetivo principal deste trabalho, considera-se o sistema DGPS da *Cloud-Cap* como o melhor de entre os avaliados para utilização em termos de navegação para os UAV do CIAFA no âmbito do projeto PITVANT. Apesar de se ter obtido em ambos os ensaios erros em termos altimétricos inferiores a 0,75 metros, considera-se um pouco arriscado a condução de aterragens automáticas dos UAV com recurso exclusivamente ao sistema DGPS em questão. Todavia, tendo em conta os valores de CEP e VEP alcançados para o sistema em validação em ambos os ensaios, considera-se que um UAV equipado com um DGPS da *CloudCap* possa voar em espaço aéreo geral.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnold, James A. (2011): **Navigating The Future. Public Roads.** [Online] U.S. Department Of Transportation: Federal Highway Administration, 4 de agosto de 2011. [Acedido a 9 de abril de 2013.] <http://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/95fall/p95au4.cfm>.

Becker , Jon e Underwood, Dan. (2010): **NovAtel Integration Guide.** Hood River : Cloud Cap Technology, 14 de junho de 2010.

Chivers, Morag. **Differential GPS Explained.** *ESRI.* [Online] [Acedido a 13 de março de 2013.] <http://www.esri.com/news/arcuser/0103/differential1of2.html>.

NovAtel. (2003): **GPS Position Accuracy Measures.** [Online] dezembro 3, 2003. [Acedido a 1 de fevereiro de 2014.] <http://www.novatel.com/assets/Documents/Bulletins/apn029.pdf>.

Sabatini, Maj. Roberto e Palmerini, Prof. Giovanni B. (2008): **Differential Global Positioning System (DGPS) for Flight Testing.** s.l. : RTO / NATO, 2008. pp. 1 - 15. Vol. 21.

Projeto e Implementação de Sistema de Sensores para Determinação Automática de Peso e Centragem de UAV



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

Orientador: Carlos Silva, Major Engenheiro Aeronáutico
Centro de Investigação, Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

Coorientador: Pedro Silva, Capitão Técnico de Informática
Centro de Investigação, Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

Resumo: A operação de aeronaves exige um processo de peso e centragem, incorporado como ação manutenção, que forneça dados ao operador e lhe confira, essencialmente, segurança de operação. O sistema desenvolvido enquadra-se no Projeto de Investigação e Tecnologia em Veículos Aéreos Não-Tripulados (PITVANT) e visa aumentar a segurança de operação, contribuir para a certificação e otimização do desempenho das plataformas aéreas. Com este intuito foi desenvolvida uma aplicação informática, com integração de um sistema de sensores, para determinar automaticamente o peso e a centragem de um *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV).

Este sistema servirá como uma ferramenta fiável para contornar o problema associado ao método atualmente utilizado para peso e centragem, que se baseia num método empírico e a partir do qual não é possível obter informações rigorosas.

Palavras-chave: Peso e centragem; UAV; PITVANT; Java; Sensores de peso.

1. INTRODUÇÃO

A motivação para o desenvolvimento deste projeto resulta de dois pressupostos:

- 1) O primeiro remete para a capacidade que um sistema automático tem em aumentar o rigor dos procedimentos de peso e centragem relativamente aos que atualmente são praticados na operação dos UAV, pelo Centro de Investigação da Academia da Força Aérea (CIAFA). Os processos atuais de peso e centragem assentam em princípios empíricos e não possuem a capacidade de transmitir dados rigorosos. Com a implementação de um sistema automático, é possível determinar a posição exata do centro de gravidade e a sua proximidade dos limites, permitindo ao operador manipular a posição e quantidade dos equipamentos instalados na aeronave. Esta capacidade assegura, naturalmente, mais segurança e fiabilidade na operação da aeronave;
- 2) O segundo está relacionado com a certificação de aeronaves. Este aspeto é um fator crítico para a operação dos UAV do CIAFA e através da análise de documentos da ICAO observa-se que um programa de peso e centragem é um fator determinante para a sua certificação, sendo obrigatório para qualquer aeronave.

Assim, o desenvolvimento deste sistema tem por objetivos contribuir significativamente para a segurança de operação, certificação e otimização do desempenho das plataformas do CIAFA.

O projeto desenvolvido tem aplicação aos UAV ANTEX-X02 Alfa e ANTEX-X02 *Extended* do CIAFA. Estas plataformas têm a capacidade para desempenhar grande parte das missões que o PITVANT realiza e que, pelo seu menor custo de desenvolvimento e operação e maior facilidade de manuseamento, são utilizadas com maior frequência que o ANTEX-X03.

Os cálculos efetuados pelo sistema baseiam-se nos conceitos teóricos de estabilidade estática longitudinal. Não são realizados cálculos noutros eixos ou relativos à estabilidade de carácter dinâmico.

A metodologia adotada para o desenvolvimento do sistema baseou-se nos conceitos de estabilidade de voo e nos procedimentos de peso e centragem em aeronaves.

Numa primeira etapa, planeou-se a estrutura do sistema, a fim de identificar os subsistemas a implementar no desenvolvimento do mesmo (figura 1). Estando os três subsistemas identificados partiu-se para o desenvolvimento do sistema, pela seguinte sequência:

- Escolha dos sensores e outro material;
- Desenvolvimento analítico da teoria de estabilidade de voo;
- Desenvolvimento do *software* de acordo com os requisitos estabelecidos;
- Desenvolvimento da programação do *Arduino*;
- Desenvolvimento do circuito amplificador de sinal;
- Integração do circuito amplificador com o *Arduino* (*hardware*);
- Integração de todos os subsistemas.

No decorrer do desenvolvimento do sistema, foram realizados diversos testes a fim de validar o *software*, assim como o funcionamento do sistema completo.

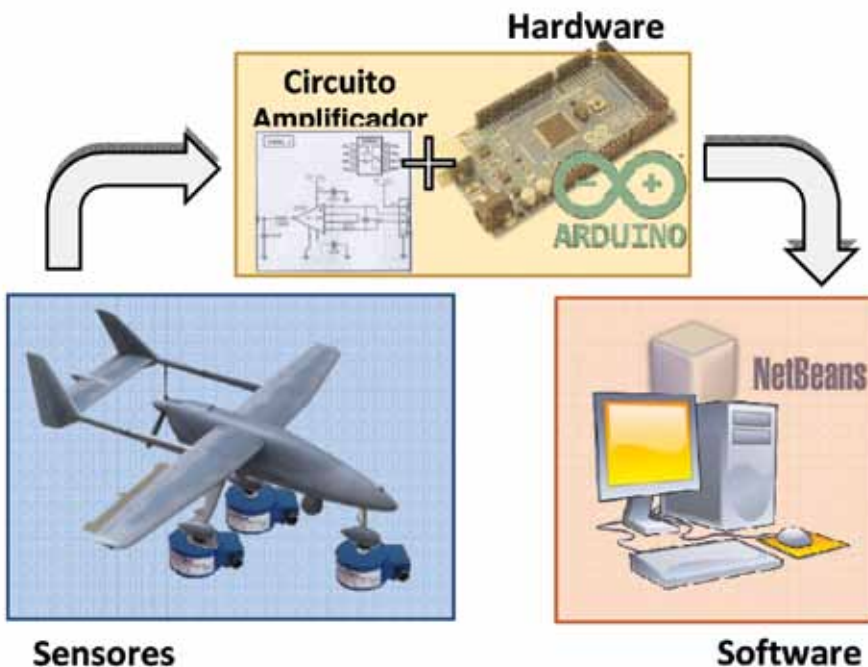


Figura 1 – Esquema do sistema desenvolvido.

No capítulo 2 deste artigo, são focados os conceitos teóricos necessários para os cálculos de centragem efetuados pelo *software*. O capítulo 3 descreve o desenvolvimento do sistema através da apresentação dos seus subsistemas. Os testes e validação do sistema são descritos no capítulo 4. Por fim, no capítulo 5, são apresentadas as conclusões alcançadas.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Este capítulo apresentará os conceitos teóricos mais importantes para perceber o desenvolvimento do sistema. A estabilidade de uma aeronave é a capacidade que esta possui para, sem intervenção do piloto, voltar ao seu estado inicial de equilíbrio após uma perturbação externa. Esta perturbação externa pode ser originada por efeitos atmosféricos, por exemplo rajadas de vento que alterem a trajetória da aeronave, sem que o piloto atue os comandos de voo. Existem dois tipos de estabilidade: estática (EE) e dinâmica (ED). A estabilidade estática (EE) refere-se à tendência de movimento inicial da aeronave após a perturbação inicial. Seguidamente estão identificados os diferentes tipos de reação que uma aeronave pode ter no instante inicial após a perturbação, em termos de EE:

- Estaticamente estável: após uma perturbação do seu estado de equilíbrio, a aeronave desenvolve uma tendência inicial, no sentido de voltar a esse estado inicial;
- Estaticamente neutra: após uma perturbação do seu estado de equilíbrio, a aeronave não reage, mantendo a nova trajetória provocada pela perturbação;
- Estaticamente instável: após uma perturbação do seu estado de equilíbrio, a aeronave desenvolve tendência de agravar o afastamento do estado original de equilíbrio.

A estabilidade estática longitudinal (EEL), conceito específico de EE, diz respeito à reação inicial da aeronave, imediatamente após sofrer uma perturbação e sem intervenção do piloto, em torno do eixo lateral. A EEL relaciona-se com os momentos de picada desenvolvidos após uma alteração no ângulo de ataque (α), com rotação em torno do centro de gravidade (CG). A reta com declive negativo na figura 2, descreve graficamente o comportamento de uma aeronave com estabilidade estática longitudinal. Quando a aeronave está em equilíbrio, o somatório de momentos é nulo, logo $C_{MCG} = 0$ e o ângulo de ataque corresponde ao ângulo de ataque de equilíbrio ($\alpha_{\text{equilíbrio}}$). Perante uma perturbação, que reduza este valor de ângulo de ataque para α_1 (situação 1 na figura 2), uma aeronave com EEL terá que desenvolver, naturalmente, um momento de nariz em cima para retomar o ângulo de ataque de equilíbrio. Assim, o coeficiente do momento de picada terá que ser positivo, $C_{MCG1} > 0$ (considerou-se um sistema referencial onde os momentos de nariz em cima são definidos como positivos). Numa situação em que uma perturbação aumente o valor de ângulo de ataque de equilíbrio para α_2 (situação 2 na figura 2), uma aeronave com EEL criará um momento de nariz em baixo, reduzindo o ângulo de ataque para a situação de equilíbrio. Ou seja, o coeficiente do momento de picada terá que ser negativo, $C_{MCG2} < 0$. A mesma análise pode ser feita para a situação oposta (comportamento instável) e para a situação de EEL neutra.

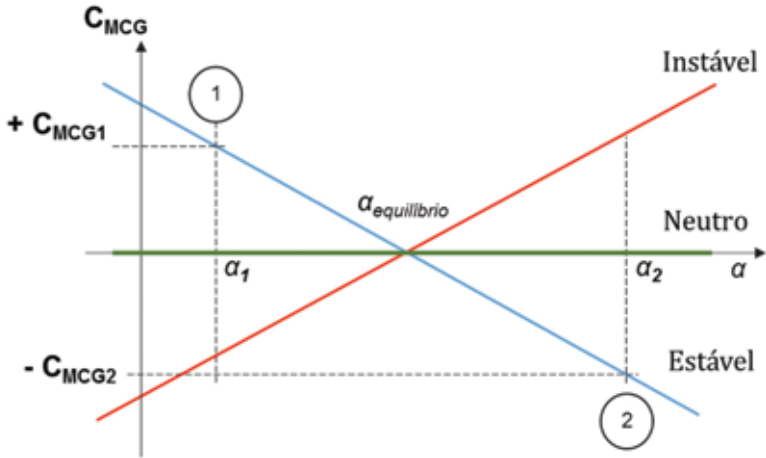


Figura 2 – Gráfico C_{MCG} vs. α para situação estável, adaptado de [5].

A asa e o estabilizador horizontal (EH) são os principais componentes que afetam a EEL de uma aeronave. A EEL da aeronave será definida pela contribuição individual de cada componente e é descrita pelo somatório de todos os momentos existentes.

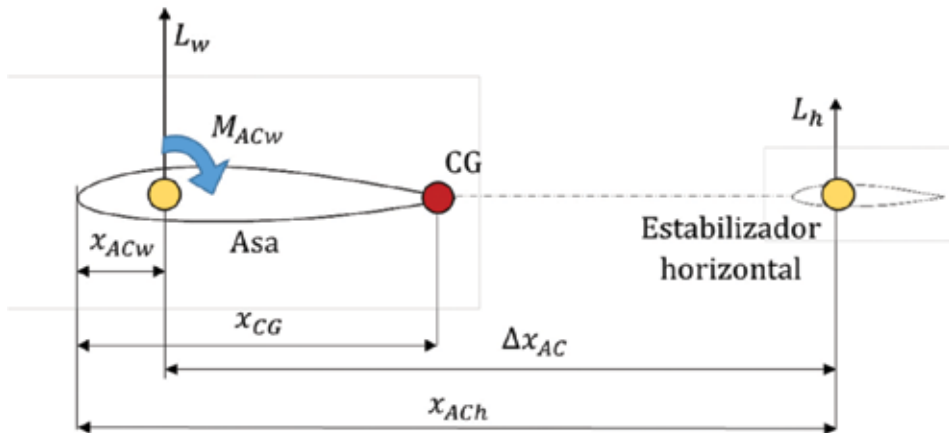


Figura 3 – Contribuições do EH e da asa para o momento de picada, adaptado de [5].

Considerando um EH com perfil simétrico e o esquema da figura 3, o valor do momento pode ser calculado a partir da seguinte expressão:

$$M_{CG} = M_{AC} + L_w(x_{CG} - x_{ACw}) - L_h(x_{ACh} - x_{CG}) \quad (1)$$

Adimensionalizando a equação (1) e derivando a equação resultante em ordem ao ângulo de ataque, obtém-se a equação (2) que traduz o valor do declive das retas representadas na figura 2. Esta derivada é designada por derivada da EEL.

$$\frac{\partial c_{M_{CG}}}{\partial \alpha} = \frac{\partial c_{L_W}}{\partial \alpha} \frac{(x_{CG} - x_{ACW})}{\bar{c}} + \frac{\partial c_{L_h}}{\partial \alpha} \left(1 - \frac{\partial \varepsilon}{\partial \alpha}\right) \frac{(x_{CG} - x_{AC_h})}{\bar{c}} \frac{S_h}{S_w} \quad (2)$$

A localização do CG da aeronave que garante EEL neutra é designada por ponto neutro (PN). De acordo com o gráfico estudado anteriormente, observa-se que a um comportamento de EEL neutra corresponde uma derivada da EEL nula. Assim, podem identificar-se as condições para o cálculo da posição do PN: derivada da EEL nula e posição do CG corresponde à posição do PN. A posição do CG relativamente ao PN permite ao operador perceber se a aeronave será estaticamente estável (CG à frente do PN), instável (CG atrás do PN) ou neutra (CG = PN). A partir desta relação surge o conceito de margem estática (ME). A ME é uma grandeza, adimensionalizada pela corda média aerodinâmica, que quantifica a distância entre CG e PN, expressa em percentagem. O seu valor permite ao operador aferir o grau de EEL da aeronave. Um valor negativo denota uma situação de instabilidade. Para efetuar um voo seguro, é necessário garantir uma ME positiva com um valor superior a 5%.

Relativamente à pesquisa teórica de procedimentos de peso e centragem em aeronaves, foram estudados os procedimentos aplicados nas aeronaves tripuladas em geral, na aeronave *deHavilland Chipmunk*, no *Lockheed Martin F-16* e nas plataformas ANTEX-X02. Com base neste estudo foi possível apreender diferentes metodologias de determinação da posição do CG, a par com as necessárias precauções a tomar durante a pesagem da aeronave.

No caso específico do procedimento empregue nos ANTEX-X02, o mesmo é executado apoiando, manualmente, a aeronave sobre dois pontos a 25% da corda de cada asa. Seguidamente é analisada a reação da aeronave. Se a aeronave desenvolver um momento de nariz em cima – demonstra instabilidade estática longitudinal; se desenvolver um momento de nariz em baixo demonstra estabilidade estática longitudinal. Assim para estar pronto para operação, o UAV não pode desenvolver, de todo, um momento de nariz em cima, ou momento de nariz em baixo muito pronunciado. É importante referir que a pesagem destas plataformas não é feita de forma regular, os operadores apenas têm conhecimento do peso correspondente à configuração mais pesada.

3. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

O sistema é composto pelos três subsistemas: sensores, *hardware* e *software*. Os sensores têm a função principal de converter a carga sentida num sinal elétrico, o *hardware* tem o objetivo de amplificar e converter este sinal elétrico em valor de massa e o *software*, com o valor de massa recebido, efetua os cálculos para o qual foi programado, mostrando estes dados ao operador.

3.1. Sensores

A escolha dos sensores foi baseada no requisito estabelecido de poderem ser adaptados à versão ANTEX-X02 *Extended*. Foram desenvolvidos cálculos relativos à distribuição do peso da aeronave pelas suas rodas para deduzir o peso máximo a suportar por um sensor. Assim, perante as versões apresentadas durante o processo de pesquisa e os requisitos definidos, foram escolhidos sensores com a capacidade de pesagem máxima de 250N.

3.2. Hardware

Para implementar os sensores no sistema foi necessário perceber a natureza do seu *output*. Os sensores são alimentados com uma tensão de 10V, e foi observado que o seu *output*, para uma carga máxima de 21,1kg, seria de aproximadamente 17 mV. A plataforma usada para conversão de sinal, o *Arduino*, converte valores entre 0 e 5V em 1024 valores diferentes. Com um valor de tensão na ordem das dezenas de mV, o *Arduino* apenas conseguiria transmitir para o *software* três valores diferentes de massa. Ora, isto conferiria ao sistema uma imprecisão tal, que o tornaria inviável. Assim, foi implementado no *hardware* um circuito amplificador de sinal.

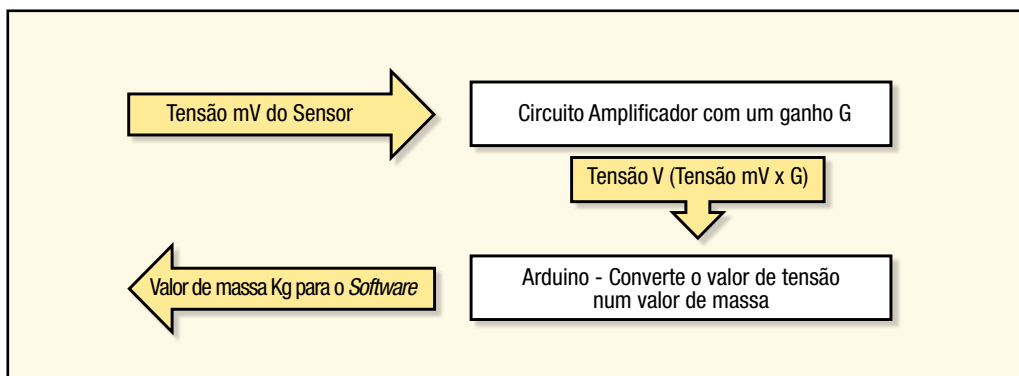


Figura 4 – Esquemática do hardware

Como se observa na figura 4, o circuito amplificador estabelece um ganho no valor de 280 para os três sensores, o qual permite transmitir para o *Arduino* tensões máximas na ordem dos 4,7V. Com esta implementação, o *Arduino* poderá converter a tensão recebida em 950 valores inteiros diferentes de massa, a enviar para o *software*, obtendo-se uma resolução 0,022kg na medição da massa.

3.3. Software

O *software* foi criado de forma a disponibilizar as seguintes capacidades:

- Carregar e alterar dados de diferentes plataformas;
- Calcular as posições do CG e PN;
- Calcular a ME.

Na figura 5 é apresentada a janela principal do *software*, na qual estão representados os diferentes campos com as respetivas funcionalidades desenvolvidas. Descrevendo a janela principal:

- Campo 1, configuração da ligação *software* – *hardware* para a transmissão de dados;
- Campo 2: carregamento e alteração de dados para as diferentes plataformas. Cálculo do PN;
- Campo 3: cálculo do CG e registo do histórico da posição do CG;
- Campo 4: cálculo da ME;
- Campo 5: esquematização visual das posições do PN e CG;
- Campo 6: valores de massa medidos por cada sensor e cálculo da massa total da aeronave.

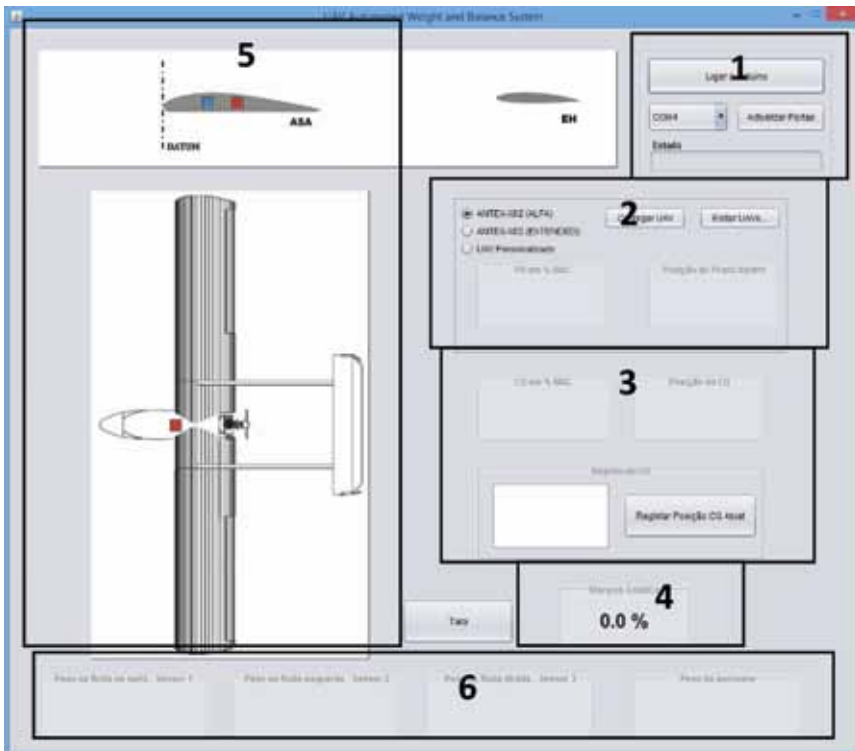


Figura 5 – Janela principal do *software* desenvolvido.

4. TESTES E VALIDAÇÃO

Os testes dirigidos à validação do sistema foram orientados:

- Para os cálculos efetuados pelo *software*, por comparação com resultados analíticos;
- Para testes em campo do sistema, com recurso a dois UAV do CIAFA prontos para o voo.

Para validação dos cálculos do *software*, foram atribuídos valores aleatórios às variáveis e, seguidamente, com as equações estudadas, verificou-se se os cálculos efetuados pelo *software* estavam de acordo com os resultados obtidos analiticamente. Assim, foram confirmados os métodos de cálculo implementados no *software*, em particular para a determinação das posições do PN e CG e determinação da ME. Paralelamente foram confirmadas as posições esquemáticas do CG e PN apresentadas no interface gráfico.

Os testes em campo consistiram na preparação de dois UAV ANTEX-X02 Alfa para o voo, com o depósito de combustível cheio, fazendo a sua centragem com o método atual. Seguidamente, utilizou-se o sistema desenvolvido para obtenção de dados. O mesmo procedimento foi repetido, com os depósitos de combustível vazios. A tabela 1 expõe os resultados obtidos.

Tabela 1 – Valores para ME e peso da aeronave para as duas aeronaves nas duas situações

	Depósito cheio		Depósito vazio	
	ME	Peso (kg)	ME	Peso (kg)
Alfa06	25.1%	13.44	25.4%	12.63
Alfa07	26.3%	13.55	28.2%	12.60

Com os resultados obtidos foi possível comprovar que sistema tem a capacidade de transmitir dados concretos relativamente ao peso e centragem. Adicionalmente, foi possível verificar que:

- As plataformas ANTEX-X02 Alfa do CIAFA têm operado com um grau de EEL elevado, uma vez que a ME é superior a 5%;
- O consumo de combustível durante o voo, traduz-se num aumento da EEL das duas aeronaves ensaiadas.

5. CONCLUSÃO

Os procedimentos de peso e centragem são cruciais para garantir a segurança de operação de qualquer aeronave. Presentemente, o procedimento de peso e centragem em curso no CIAFA não é rigoroso, apesar de ser efetivo. O objetivo inicialmente delineado neste trabalho consistiu no desenvolvimento de um sistema que permita realizar cálculos de peso e centragem automaticamente num UAV e que contribua para a segurança de operação, certificação e otimização da operação das plataformas do PITVANT.

Foi feita uma pesquisa bibliográfica relativamente à teoria de estabilidade de voo para definir conceitos relacionados com o peso e centragem de aeronaves. Esta pesquisa foi a base para

o desenvolvimento da programação do *software*, pois estão nele incluídos diversos cálculos de conceitos de peso e centragem.

Foi feita uma referência às ações de peso e centragem em aeronaves para perceber quais os cálculos envolvidos, método para pesagem e limitações do processo.

Seguidamente apresentou-se o sistema desenvolvido, juntamente com a descrição dos seus três subsistemas. Foi apresentada e justificada a escolha mais adequada de sensores para este projeto. Explicitou-se a constituição do *hardware*, que compõe este sistema, referindo a integração do *Arduino* com o circuito de amplificação de sinal. Apresentaram-se os requisitos do *software* e foram explicitadas as capacidades deste para cumprir o objetivo.

Foram conduzidos testes com o objetivo de validar os dados calculados e recebidos pelo *software*. Os dados calculados pelo *software* foram coerentes com os resultados obtidos analiticamente. O sistema foi testado em dois UAV configurados e abastecidos para voo, tendo-se registado valores coerentes com o método de peso e centragem normalmente utilizado. Verificou-se, assim, que o sistema desenvolvido cumpre os requisitos estabelecidos e disponibiliza dados fiáveis e rigorosos.

Como contributo para o PITVANT, a implementação da ferramenta:

- Incrementa a segurança de operação;
- Possibilita a uniformização de procedimentos;
- Contribui para a certificação das plataformas aéreas do CIAFA.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Costa, António; Matos, Madruga; Silva, Carlos (2005): **ANTEX-M: Desenvolvimento de aeronaves não tripuladas na Força Aérea Portuguesa**. Revista Mais Alto. (Setembro/Outubro 2005) Lisboa. Nº 357;

International Civil Aviation Organization Cir 328 AN/190: Unmanned Aircraft Systems. [Em linha]. (2011): [Consult. em 1 de outubro de 2013]. Disponível em: http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_en.pdf;

International Civil Aviation Organization - **Airworthiness Manual**. [Em linha]. (2013): [Consult. em 1 de outubro de 2013]. Disponível em: <http://aaib.gov.mn/uploads/Doc9760.pdf>;

Visita de Estudo CIAFA, Ota (2013): No âmbito da cadeira de tecnologias aeronáuticas. (7 de maio 2013);

Academia da Força Aérea: **Estabilidade e Controlo de Aeronaves**, folhas da cadeira;

Estudo do Comportamento de Resíduos de Construção e Demolição Aplicados em Camadas não Ligadas de Pavimentos



**Autor: Ricardo Simões, Alferes Aluno do Mestrado Integrado
na Especialidade de Engenharia de Aeródromos
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra**

**Orientador: Professor Doutor José Manuel Coelho das Neves
Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa**

**Coorientadora: Doutora Ana Cristina Ferreira de Oliveira Rosado Freire
Departamento de Transportes, Laboratório Nacional de Engenharia Civil**

Resumo: A aplicação de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em camadas granulares não ligadas de pavimentos é uma solução viável tecnicamente e de especial interesse ambiental e económico, uma vez que permite a incorporação de grandes quantidades de materiais reciclados mesmo que provenientes de diferentes origens. Contudo, constata-se que é necessário estudar melhor o seu comportamento mecânico, sobretudo em contexto de aplicações reais, ainda que de natureza experimental, de forma a incrementar a utilização deste tipo de materiais não tradicionais em pavimentos.

O presente artigo inseriu-se numa das atividades previstas no projeto de investigação SUPREMA, desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e pelo Instituto Superior Técnico (IST), e pretendeu contribuir para uma melhor compreensão do desempenho mecânico dos RCD quando aplicados em camadas não ligadas. No âmbito do projeto SUPREMA foram construídas quatro secções experimentais de pavimentos onde se aplicaram, em camada de base, para além de agregado natural, os seguintes agregados reciclados: betão britado misto, mistura betuminosa recuperada e britada, e uma mistura de agregados constituída por agregado natural e mistura betuminosa recuperada e fresada. Estas secções foram instrumentadas e o seu comportamento foi observado durante várias campanhas de ensaios de carga com o defletómetro de impacto (FWD). No presente artigo procedeu-se à modelação numérica do comportamento destas secções experimentais, tendo em consideração os resultados obtidos nos ensaios de carga e nas leituras da instrumentação, o que permitiu estabelecer valores de referência para os módulos de deformabilidade dos materiais granulares.

A possibilidade de utilizar os diferentes tipos de RCD em pavimentos aeronáuticos foi também estudada de forma simplificada, através da análise de ciclo de vida, recorrendo ao programa FAARFIELD na modelação de várias estruturas de pavimento.

Do trabalho realizado foi possível concluir que a generalidade dos RCD estudados evidenciou um desempenho estrutural aceitável, o que confirmou que este tipo de agregados pode ser uma alternativa aos agregados naturais quando aplicados em camadas não ligadas, não só de pavimentos rodoviários mas também de pavimentos pertencentes a infraestruturas aeronáuticas.

Palavras-chave: RCD; FAARFIELD; camada de base; defletómetro de impacto; agregados.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente assiste-se, de dia para dia, a uma preocupação cada vez maior em relação à proteção do meio ambiente e à preservação da natureza. Procura-se, nas mais diversas áreas da indústria, um modelo que possibilite o desenvolvimento sustentável e que permita satisfazer as necessidades das gerações atuais, sem comprometer a capacidade de crescimento das gerações futuras.

O setor da construção civil é um dos grandes responsáveis pelo desenvolvimento social e económico dos países. No entanto, este setor é dos que maior impacte ambiental causa devido ao consumo excessivo de energia e de recursos naturais, bem como, às elevadas quantidades de resíduos que produz e que conduzem a uma maior degradação ambiental.

Dado o elevado potencial de valorização que os RCD exibem, a sua reutilização e reciclagem apresenta-se como uma opção não só viável mas também sustentável, tanto a nível económico como ambiental. As operações de reutilização e reciclagem dos RCD vão, também, ao encontro da necessidade de prolongar o tempo de vida útil dos aterros de resíduos devido à crescente falta de espaços para a sua implementação e aos elevados custos de construção, exploração, monitorização e pós-encerramento que lhes são inerentes [Mália, 2010].

Desta forma, para que se possa pensar numa economia sustentável baseada na reutilização e na reciclagem deste tipo de resíduos, é preciso continuar a promover a incorporação dos RCD em obra. Para tal, é fundamental que os mesmos se apresentem como uma opção atrativa e de qualidade, ultrapassando-se barreiras económicas e culturais que dificultam a entrada destes materiais no mercado, como por exemplo, a grande disponibilidade de agregados naturais a baixo custo e o preconceito existente relativo à qualidade dos materiais reciclados.

A aplicação de RCD em camadas granulares não ligadas de pavimentos rodoviários tem-se revelado uma solução viável que apresenta vantagens técnicas, económicas e ambientais, para além de permitir a incorporação de grandes quantidades de RCD provenientes de diferentes origens [Poon and Chan, 2006; Pestana, 2008; Freire et al., 2013]. Nos últimos anos, tanto a nível nacional como internacional, realizaram-se importantes trabalhos de investigação envolvendo estudos experimentais relacionados com esta temática [Barbudo et al., 2012; Freire et al., 2010; Freire et al., 2013; Jiménez et al., 2012; Simões, 2013]. No sentido de apoiar e intensificar a utilização de RCD em obras de estradas, foram elaboradas pelo LNEC especificações técnicas que fornecem recomendações e estabelecem requisitos mínimos para a utilização de agregados reciclados, provenientes de RCD, em camadas não ligadas de pavimentos [LNEC E 473-2009] e em aterros e camadas de leito de pavimento [LNEC - 474-2009].

Os resíduos de misturas betuminosas, provenientes da britagem e da fresagem das camadas betuminosas dos pavimentos, são de materiais ainda muito pouco estudados, mas para os quais se reconhece uma maior complexidade de abordagem havendo, por isso, necessidade de efetuar uma aproximação à metodologia mais adequada à sua caracterização [Freire et al., (2013)]. Geralmente, as misturas betuminosas recuperadas de pavimentos existentes são utilizadas no fabrico de misturas betuminosas recicladas, através da sua fresagem, sempre que possível e viável. No entanto, há uma quantidade significativa destes materiais que não obedece às exigências para este tipo de utilização, não obstante, estas apreciáveis quantidades de RCD apresentam um grande potencial de aplicação enquanto materiais não ligados em camadas de base, sub-base e de leito de pavimento.

O trabalho apresentado neste artigo foi desenvolvido no âmbito do projeto *SUPREMA – Aplicação Sustentável de Resíduos de Construção e Demolição em Infra-estruturas Rodoviárias (PTDC/ECM/100931/2008)*, desenvolvido pelo LNEC e pelo IST, iniciado em 2010 com duração de 3 anos e através do qual se procurou contribuir para um melhor conhecimento do comportamento mecânico dos RCD quando aplicados em camadas granulares não ligadas de pavimentos rodoviários.

Para atingir estes objetivos construíram-se quatro secções experimentais à escala real, onde se aplicaram, nas camadas granulares não ligadas do pavimento, três tipos diferentes de RCD e um agregado natural de natureza calcária (correntemente utilizado neste tipo de obras) escolhido como material de referência e aplicado na secção de controlo.

Durante a construção do pavimento procedeu-se à instrumentação das diferentes camadas das secções experimentais, através da aplicação de extensómetros verticais e horizontais. Em diversas fases da construção efetuaram-se ensaios de carga com o FWD e, simultaneamente, registaram-se as temperaturas do pavimento, do ar e os valores de deformação medidos nos extensómetros. Posteriormente avaliou-se o desempenho dos diferentes RCD aplicados através da modelação do comportamento observado nos ensaios de carga com FWD e tendo em consideração os resultados das medições obtidas na instrumentação.

Neste trabalho estudou-se também a possibilidade de utilizar os RCD na construção de pavimentos aeronáuticos, com a finalidade de contribuir para um espectro de aplicação dos materiais reciclados mais abrangente, não se limitando apenas a aplicações rodoviárias. Assim, com o objetivo de avaliar a viabilidade de utilização dos RCD em camadas de base de pavimentos aeronáuticos flexíveis, procedeu-se ao dimensionamento deste tipo de pavimentos tendo em consideração diferentes horizontes de projeto. Os resultados obtidos permitiram efetuar uma análise paramétrica à espessura das camadas obtidas, bem como, ao ciclo de vida dos pavimentos constituídos pelos diferentes RCD nas camadas de base.

2. METODOLOGIA

2.1. Materiais

Os materiais reciclados constituídos por RCD selecionados para este estudo foram:

- Agregado reciclado constituído por resíduos mistos provenientes da britagem de alvenaria e betão – Betão britado misto (BBM);
- Agregado reciclado constituído por resíduos asfálticos provenientes da britagem de misturas betuminosas recuperadas – Mistura betuminosa britada (MBB);
- Agregado reciclado constituído por resíduos asfálticos provenientes da fresagem de misturas betuminosas recuperadas – Mistura Betuminosa fresada (MBF).

A constituição dos três agregados reciclados estudados foi determinada de acordo com a norma europeia EN 933-11 e é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 - Constituição dos RCD [Freire et al., 2012].

Constituintes	MBB	BBM	MBF
Ra [%]	64	12	98
Rb [%]	0,9	3,7	0,0
Rc [%]	6,2	60	0,0
Rg [%]	0,0	0,0	0,0
Ru [%]	29	24	0,0
X [%]	0,0	0,1	0,8
FL [cm ³ /kg]	0,0	0,0	0,0

Legenda:

Ra – Material betuminoso;

Rb – Elementos de alvenaria de materiais argilosos (tijolo, ladrilhos, telhas, etc.), elementos de alvenaria de silicatos de cálcio e betão celular não flutuante;

Rc – Betão, produtos de betão e argamassas;

Rg – Vidro;

Ru – Agregados não ligados, pedra natural, agregados tratados com ligantes hidráulicos;

X – Madeira; Metal ferroso e não ferroso; Borracha; Gesso; Partículas de argila e solo;

FL – Volume de material flutuante.

Para além dos materiais provenientes dos RCD, aplicou-se numa das secções experimentais um agregado natural britado de origem calcária e de granulometria extensa (ABGE), que apresenta as características dos materiais correntemente utilizados nas camadas granulares não ligadas de sub-base e base dos pavimentos rodoviários, conforme as especificações técnicas do Caderno de Encargos Tipo para Obras das Estradas de Portugal (CETO) [EP, 2009]. Este material natural serviu de referência para a comparação dos resultados experimentais e foi, ainda, utilizado noutra secção, numa mistura com resíduos provenientes de misturas betuminosas recuperadas e fresadas, com a seguinte composição: 70% de ABGE e 30% de MBF. A incorporação de MBF no ABGE teve em consideração as especificações técnicas LNEC que limitam a incorporação de material fresado a um máximo de 30% [LNEC E 473 e E 474].

Todos os materiais aplicados nas secções experimentais foram submetidos a ensaios laboratoriais de identificação e caracterização geométrica, física, química, mecânica e ambiental das suas principais propriedades. Para esse efeito, recorreu-se às normas aplicáveis a misturas não ligadas e teve-se em consideração as especificações técnicas portuguesas, nomeadamente, as relativas à utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos [LNEC E 473-2009].

A Figura 1 apresenta as curvas granulométricas dos materiais, bem como o fuso granulométrico definido no CETO para agregados a aplicar em camadas granulares não ligadas [EN 933-1:1997/A 1:2005].

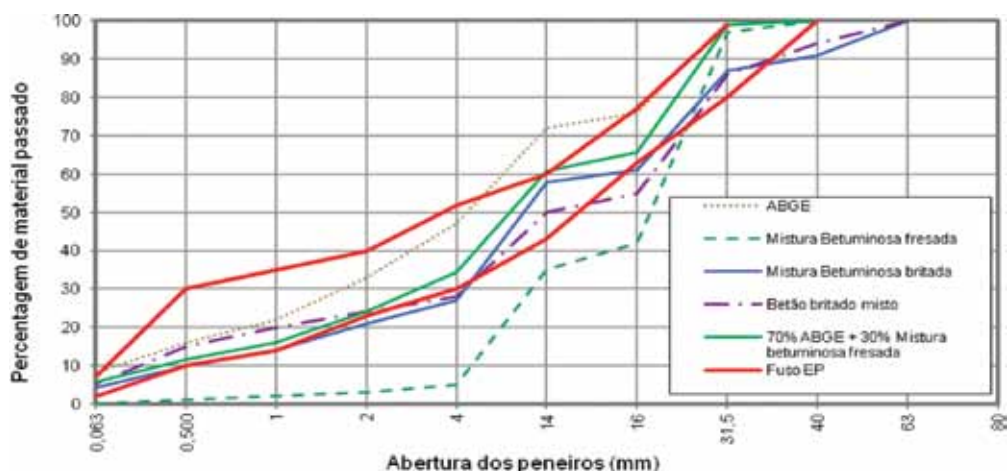


Figura 1 – Curvas granulométricas dos materiais estudados e fuso granulométrico do CETO [Freire et al., 2012].

A análise granulométrica evidenciou que nem sempre foi possível cumprir o fuso granulométrico especificado no CETO. As curvas granulométricas da Figura 1 mostram que a MBF e o BBM possuem partículas grossas que não estão no fuso granulométrico estabelecido. A MBF apresentou, ainda, uma importante falta de fracção fina, o que confirma, também por esse motivo, a necessidade de efetuar a sua mistura com o ABGE para que a composição granulométrica final se adeque ao fuso granulométrico preconizado no CETO.

As propriedades dos diferentes materiais reciclados foram avaliadas por Freire et al. (2012) através de um conjunto de ensaios laboratoriais. Os resultados obtidos são os apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Resultados dos ensaios efetuados aos diferentes materiais reciclados [adaptado de Freire et al., 2012]

Propriedades	Método de Ensaio	MBB	BBM	MBF
Índice de achatamento	NP EN 933-3	9	8	17
Índice de forma	EN 933-4	8	14	21
Equivalente de Areia	NP EN 933-8	41	23	73
Azul metileno*	EN 933-9	1,0	1,4	0,3
Resistência ao desgaste (coeficiente micro-Deval)	EN 1097-1	25	31	14
Resistência à fragmentação (coeficiente de Los Angeles)	EN 1097-2	25	38	22

*MB0/D – Valor do azul de metileno expresso em g/kg segundo a norma de ensaio EN 933-9:2009 multiplicando pela percentagem da fracção passada no peneiro de 2 mm.

Determinaram-se, também, as massas volúmicas das partículas e a absorção de água dos três agregados reciclados. Relativamente aos resultados obtidos para a massa volúmica das partículas, verificou-se que são ligeiramente inferiores aos geralmente apresentados pelos materiais naturais. No que diz respeito à absorção de água, os valores obtidos para as amostras das misturas betuminosas (britada e fresada) estão, de um modo geral, dentro da faixa de valores normalmente observados para os materiais naturais, contudo, o betão britado misto apresenta valores mais elevados.

Para além da caracterização dos agregados, também se procedeu à caracterização laboratorial da mistura betuminosa aplicada no pavimento rodoviário. Esta caracterização baseou-se na determinação do módulo de deformabilidade através de ensaios de tração indireta em compressão diametral, com base na norma EN 12697-26. Estes ensaios são utilizados frequentemente na caracterização do comportamento mecânico de misturas betuminosas, pois permitem a caracterização expedita do módulo de deformabilidade, entre outras propriedades [Neves, 2006]. Deste modo, de forma a proceder à caracterização da camada betuminosa foram extraídos do pavimento carotes cilíndricos com diâmetro de 100 mm.

2.2. Trecho Piloto

O pavimento foi construído num parque industrial localizado na zona sul da área metropolitana de Lisboa, mais precisamente no Seixal, tendo esta obra uma extensão de aproximadamente 90 m e uma largura de 5,5 m em perfil transversal da faixa de rodagem. Os métodos construtivos adotados foram idênticos em todas as secções experimentais e seguiram os procedimentos habituais neste tipo de obras.

O pavimento é constituído por uma camada de base em materiais granulares, com espessura média de 0,34 m, onde se aplicaram os diferentes RCD e o agregado natural de referência, e por uma camada betuminosa constituída por macadame betuminoso do tipo AC 20 Bin 50/70, com espessura média de 0,07 m.

Os materiais aplicados nas camadas granulares das diferentes secções experimentais foram os seguintes:

- Secção S1: MBB;
- Secção S2: BBM;
- Secção S3: ABGE;
- Secção S4: 70% ABGE com 30% MBF.

A instrumentação do pavimento rodoviário foi efetuada durante a sua construção, através da instalação de extensómetros (Figura 2) horizontais e verticais na base da camada betuminosa e no topo do solo de fundação do pavimento, respetivamente. Na camada betuminosa instalaram-se, também, sensores de temperatura, dada a grande influência deste parâmetro no comportamento das misturas betuminosas.

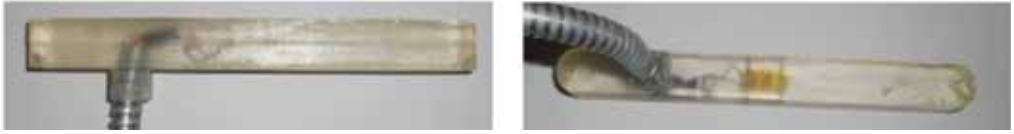


Figura 2 – Extensómetros aplicados nas secções experimentais.

Relativamente ao posicionamento dos extensómetros: os verticais foram aplicados de modo a ficarem à cota de fundação, enquanto os horizontais, foram aplicados a cerca de 1 cm da base da camada betuminosa. Toda a instrumentação aplicada nas diferentes secções experimentais foi georreferenciada.

Na Figura 3 é possível observar a instalação dos extensómetros no topo do solo de fundação (Figura 3a) e na base da camada betuminosa (Figura 3b).



Figura 3 – Instrumentação da camada granular e da camada betuminosa das secções experimentais.

2.3. Ensaios Experimentais

Com o objetivo de avaliar estruturalmente os materiais que compõem o pavimento rodoviário, foram realizadas várias campanhas de ensaios com o FWD. Em algumas delas efetuou-se, adicionalmente e em simultâneo, a leitura das extensões registadas pelos extensómetros instalados no pavimento.

Os ensaios de carga com o FWD foram realizados no leito de pavimento, na camada granular e depois de executada a camada betuminosa, ou seja, na estrutura final do pavimento. O Quadro 3 apresenta os ensaios efetuados (FWD), indicando a data do ensaio, a camada ensaiada e as secções analisadas. Encontram-se também indicadas, as campanhas em se registaram as leituras da instrumentação instalada no pavimento rodoviário (INST).

Quadro 3 – Campanhas de ensaios realizadas durante o estudo experimental.

Data	Campanha	Ensaio realizado	Camada ensaiada	Trechos Analisados			
				S1	S2	S3	S4
17-07-2012	1	FWD	Leito de pavimento	✓	✓	✓	✓
30-07-2012	2	FWD	1ª Camada granular	✓	✓	✓	✓
03-08-2012	3	FWD e INST	2ª Camada granular	✓	✓	✓	✓
04-09-2012	4	FWD e INST	Camada betuminosa	✘	✓	✓	✓
26-10-2012	5	FWD	Camada betuminosa	✓	✓	✓	✓
13-11-2012	6	FWD	Camada betuminosa	✓	✘	✘	✓
20-02-2013	7	FWD	Camada betuminosa	✓	✓	✓	✓
28-02-2013	8	FWD	Camada betuminosa	✓	✓	✓	✓
18-04-2013	9	FWD	Camada betuminosa	✓	✓	✓	✓
24-04-2013	10	FWD e INST	Camada betuminosa	✓	✓	✓	✓

Legenda:

✓ - Secção ensaiada; ✘ - Secção não ensaiada

FWD – ensaio de carga realizado; INST – instrumentação lida (extensómetros e termístores)

Os ensaios de carga realizaram-se em vários locais das secções experimentais, sendo executados pelo LNEC (Figura 4a). Em cada local de ensaio efetuaram-se dois impactos por cada nível de carga (30 kN, 45 kN e 65 kN), aplicados numa placa circular de 30 cm de diâmetro (Figura 4b). As correspondentes deflexões foram medidas em 9 geofones colocados às seguintes distâncias do centro da placa (cm): 0 (D0), 30 (D1), 45 (D2), 60 (D3), 90 (D4), 120 (D5), 150 (D6), 180 (D7) e 210(D8) (Figura 4c).

**Figura 4** – Defletómetro de impacto utilizado neste estudo.**2.4. Modelação Numérica**

Os modelos estruturais permitem analisar o comportamento de uma estrutura quando sujeita a determinadas solicitações. No caso dos pavimentos flexíveis, os modelos aplicáveis possibilitam geralmente o cálculo das tensões, das deformações e dos deslocamentos resultantes na estrutura do pavimento e na respectiva fundação, tendo em conta as solicitações a que está sujeito. Nos modelos adotados na avaliação de infraestruturas rodoviárias, as cargas induzidas pelos rodados dos veículos são usualmente analisadas de forma simplificada através de um conjunto de cargas uniformemente distribuídas em áreas circulares [Antunes, 1993].

No estudo desenvolvido procedeu-se à estimativa dos módulos de deformabilidade de cada camada do pavimento e do solo de fundação, através de um método designado de retroanálise

(*backanalysis*). Este método é correntemente adotado neste tipo de avaliações estruturais e assenta num processo iterativo que consiste na comparação dos deslocamentos superficiais no pavimento, registados através dos ensaios FWD realizados, com os deslocamentos obtidos pelo programa de cálculo automático BISAR da Shell.

O programa de cálculo BISAR, frequentemente utilizado no dimensionamento de pavimentos, tem como base o modelo de Burmister, que considera que o pavimento é constituído por diversas camadas homogéneas e isotrópicas, apresentando um comportamento elástico-linear. Neste modelo as camadas são consideradas contínuas e infinitas horizontalmente, no entanto, são de espessura finita, exceto a fundação, que é considerada um meio semi-infinito.

Uma vez que no presente estudo se pretende avaliar a possibilidade de utilizar RCD em camadas de base não ligadas de pavimentos aeronáuticos flexíveis, dimensionaram-se as mesmas recorrendo ao programa FAARFIELD, de acordo com a norma AC 150/5320-6E. Este método de dimensionamento é o atualmente adoptado pela *Federal Aviation Administration* para dimensionar pavimentos aeronáuticos, quer sejam flexíveis ou rígidos. Apresenta as vantagens de ser um método relativamente recente (2009) que se apoia numa vasta experiência prática e que permitir uma análise expedita e simples.

O programa FAARFIELD tem em consideração os movimentos de todas as aeronaves incluídas na mistura de tráfego em estudo, sendo que cada uma destas contribuirá para um factor cumulativo de dano (Cumulative Damage Factor - CDF), que se distribui segundo a lei de distribuição normal de Gauss, referente ao eixo da pista. Para pavimentos flexíveis, a propriedade característica considerada pelo programa é o módulo de deformabilidade.

Em relação à carga considerada pelo programa, o método de dimensionamento baseia-se no peso bruto da aeronave à decolagem, assumindo que 95% desse peso é suportado pelo trem principal e os restantes 5% pelo trem frontal. Este programa considera, também, o movimento lateral das aeronaves relativamente ao eixo da pista, quando se deslocam ao longo desta e nas diversas passagens, permitindo a determinação da influência das aeronaves escolhidas no CDF da pista.

No que diz respeito às aeronaves consideradas como mistura de tráfego, o programa define, por defeito, algumas características das mesmas, tais como, o peso máximo na decolagem, o valor da pressão dos pneus, a tipologia de trem e a contribuição da aeronave para o CDF de projeto. No entanto, existe a possibilidade de ajustar os pesos brutos das aeronaves escolhidas, bem como o número de partidas anuais efetuadas, de forma a caracterizar fielmente a mistura de tráfego em estudo.

Depois de inserida a espessura da camada betuminosa, o módulo de deformabilidade de todas as camadas do pavimento e os dados referentes à mistura de tráfego, o programa FAARFIELD dimensiona a espessura da camada de base, que varia consoante o horizonte de projeto escolhido.

Os modelos anteriormente apresentados consideram dois critérios de rotura no dimensionamento de pavimentos flexíveis:

- i) a máxima extensão vertical no topo do solo de fundação;
- ii) e a máxima extensão horizontal na base das misturas betuminosas.

O primeiro critério está associado à acumulação de deformações permanentes no topo do solo de fundação, resultado da acumulação de extensões plásticas de compressão. Enquanto o segundo tem em consideração o fendilhamento por fadiga, que ocorre devido à repetida aplicação de esforços de tração induzidos pela passagem dos rodados do tráfego.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Comportamento Estrutural dos RCD

A deformabilidade das diferentes camadas que constituem o pavimento foi estudada com base na retroanálise das deflexões medidas durante os ensaios FWD. Deste modo, estimaram-se os módulos de deformabilidade de todos os pontos ensaiados no pavimento e procedeu-se, posteriormente, ao tratamento estatístico dos resultados, de forma a determinar o módulo de deformabilidade máximo, mínimo e médio de cada uma das camadas dos diferentes trechos experimentais, bem como, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos valores obtidos.

Os resultados obtidos são os apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Módulos de deformabilidade médios obtidos para os agregados granulares.

Campanha		S1 - MBB					S2 - BBM					S3 - ABGE					S4 - 70% ABGE + 30% MBF				
N.º	Data	Máx.	Min.	Média	Desvio	CV	Máx.	Min.	Média	Desvio	CV	Máx.	Min.	Média	Desvio	CV	Máx.	Min.	Média	Desvio	CV
3	04-09-2012	260	160	190	42	22,3	160	130	142	16	11,3	390	210	286	62	21,8	330	300	320	17	5,4
4	26-10-2012	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	310	250	282	21	7,6	400	350	372	19	5,2	390	300	355	40	11,4
5	24-04-2013	260	180	206	26	12,8	330	210	285	38	13,4	330	190	253	41	16,3	380	300	338	32	9,5

(a) Secção experimental não ensaiada

Na retroanálise teve-se em consideração as deflexões registadas no impacto referente ao maior nível de carga aplicado (65 kN). Importa ainda referir que se procedeu à correção dos módulos de deformabilidade da camada betuminosa tendo em conta o efeito da temperatura.

Na Figura 5 apresenta-se a variação do módulo de deformabilidade em cada secção experimental, considerando as três campanhas de ensaios analisadas. Note-se que a campanha 3 foi executada sobre a camada granular, enquanto as campanhas 4 e 10 foram realizadas sobre a camada betuminosa, depois de concluída a construção do pavimento.

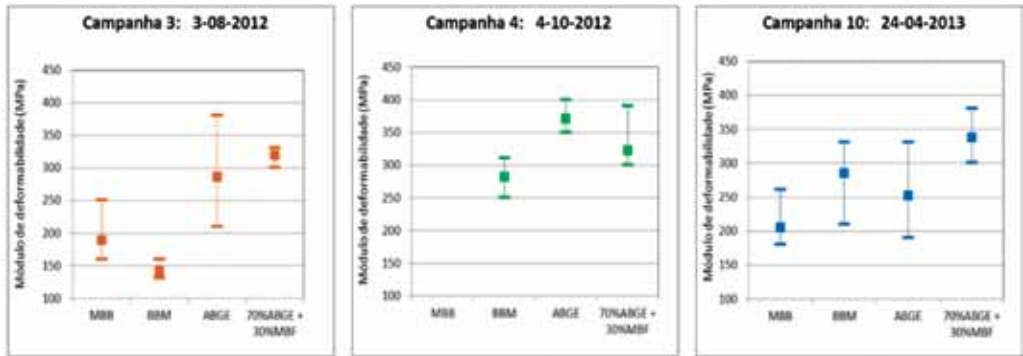


Figura 5 – Variação do módulo de deformabilidade estimado para as camadas granulares.

Procedeu-se à comparação dos resultados numéricos obtidos através da modelação dos ensaios FWD, que têm como base o modelo elástico linear, com os valores das extensões medidas na instrumentação (extensómetros). Com esta análise pretendeu-se avaliar a adequabilidade do modelo elástico na modelação da deformabilidade do pavimento durante os ensaios de carga. Para esse efeito, utilizou-se o programa BISAR adoptando-se os módulos de deformabilidade obtidos para os diversos pontos ensaiados em cada secção experimental.

Na Figura 6 apresentam-se os resultados obtidos em dois dos pontos analisados. Nestes gráficos estabelece-se uma comparação relativa entre as extensões medidas pelos extensómetros (eixo das ordenadas) e as extensões calculadas através do programa BISAR (eixo das abcissas), consoante o valor da carga aplicada pelo FWD.

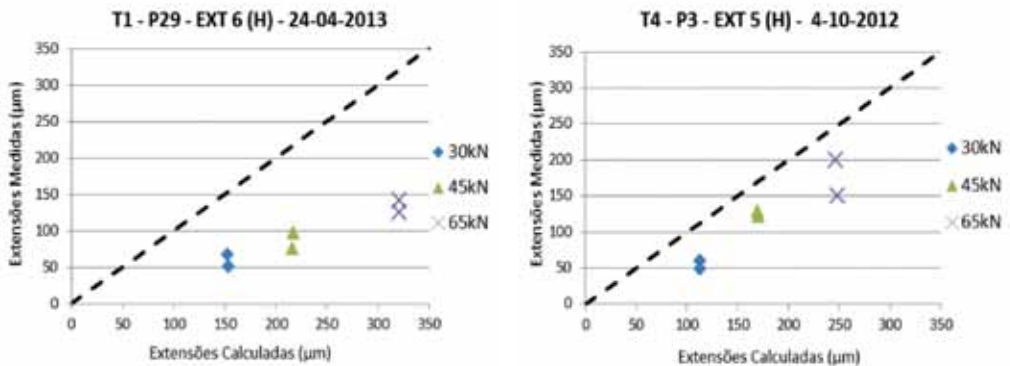


Figura 6 – Comparação entre as extensões medidas pelo FWD e as obtidas através do BISAR.

Na grande maioria dos pontos ensaiados observou-se uma tendência semelhante à apresentada na Figura 6. Deste modo, constatou-se que as extensões calculadas são, de uma forma geral, superiores às medidas, o que significa que o pavimento apresenta nos ensaios uma deformabilidade menor que a considerada pelo modelo adoptado. Tal situação permite concluir que a utilização do modelo elástico linear foi conservativa.

Na avaliação da capacidade de carga de pavimentos flexíveis, com base em ensaios não destrutivos, deve-se ter em consideração o efeito da temperatura dada a sua elevada influência na deformabilidade dos materiais betuminosos. Por esse motivo, e sabendo que os ensaios FWD foram executados em diferentes condições, uma vez que a temperatura nos vários pontos ensaiados variou, calculou-se um módulo de deformabilidade corrigido, de acordo com a metodologia proposta por Antunes (1993), que tem em consideração o efeito da temperatura na determinação do módulo de deformabilidade da camada betuminosa.

Na Figura 7 são apresentados os módulos de deformabilidade médios obtidos para os diferentes materiais aplicados na camada granular do pavimento rodoviário, tendo em consideração as três campanhas de ensaios em estudo. Tal como foi referido, durante a execução das campanhas 4 e 10 o pavimento esteve sujeito a condições hídricas distintas, o que permitiu aferir a influência das mesmas no comportamento mecânico dos vários materiais estudados.

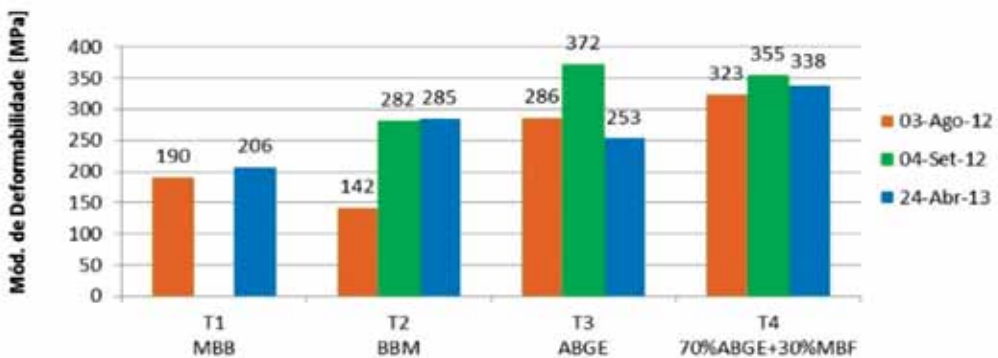


Figura 7 – Módulos de deformabilidade médios da camada granular para as diferentes seções experimentais.

Para condições de menor humidade (colunas a verde), o material que registou maior módulo de deformabilidade foi o ABGE (372 MPa). Não obstante, os agregados reciclados estudados também apresentaram bons resultados. A mistura de 70%ABGE com 30%MBF, quando comparada com o agregado natural de referência, apresentou um módulo de deformabilidade inferior em cerca de 5% (355 MPa). Para BBM obteve-se um módulo ainda mais baixo (282 MPa), inferior em aproximadamente 25%.

Na campanha efetuada após o inverno (colunas a azul), período durante o qual ocorreu elevada precipitação, o material que apresentou menor deformabilidade foi a mistura de 70% ABGE com 30% MBF (338MPa), seguido do BBM (258MPa), do ABGE (253MPa) e, finalmente, da MBB (206MPa). Nesta campanha, observou-se uma diminuição muito acentuada do módulo de deformabilidade do ABGE, em cerca de 30%, exibindo por isso um comportamento mais deformável. Os restantes materiais não revelaram grande sensibilidade à alteração das condições hídricas do pavimento, verificando-se que o módulo de deformabilidade calculado permaneceu praticamente constante.

Relativamente aos módulos de deformabilidade obtidos para a camada granular na campanha de agosto, realizada durante a construção das secções experimentais sobre a camada granular, observou-se, de uma forma geral, uma diminuição da deformabilidade depois de construída a camada betuminosa, o que seria expectável.

Os valores do módulo de deformabilidade obtidos na camada betuminosa e no solo de fundação foram igualmente analisados por Simões (2013).

3.2. Simulação da Aplicação em Pavimentos Aeronáuticos

Com o objectivo de simular o comportamento e o desempenho dos diferentes RCD quando aplicados em camadas granulares não ligadas de pavimentos aeronáuticos, dimensionaram-se diferentes soluções estruturais adoptando na camada de base os quatro agregados em estudo.

Com os resultados obtidos efectuou-se uma análise paramétrica à espessura das camadas, bem como, ao ciclo de vida dos diferentes pavimentos, tendo em consideração o horizonte projeto definido para cada análise. Avaliou-se, também, a influência do horizonte de projeto adoptado na quantidade de material granular a aplicar na camada de base, o que permitiu aferir quais os materiais que apresentam maior sensibilidade à alteração deste critério. Consideraram-se horizontes de projeto de 10, 15 e 20 anos.

Neste estudo utilizou-se o método atualmente adoptado pela FAA para dimensionar pavimentos aeronáuticos, sendo todo o cálculo efectuado através do programa FAAR-FIELD. Para a análise efectuada, optou-se por uma mistura de tráfego que teve em consideração o tráfego registado no aeroporto de Lisboa em 2011, ao qual se adicionaram os movimentos efectuados nesse mesmo ano por todas as aeronaves, militares e civis, na Base Aérea N°11 (BA11).

Depois de seleccionada a mistura de tráfego, procedeu-se ao dimensionamento da camada de base do pavimento aeronáutico em função das características dos diferentes agregados em estudo. Em relação à estrutura do pavimento, considerou-se uma camada betuminosa de 200 mm para a qual se adoptou, conservativamente, um módulo de deformabilidade de 5500 MPa. Relativamente ao solo de fundação considerou-se um módulo de deformabilidade médio de 140 MPa. No que diz respeito aos módulos de deformabilidade dos agregados aplicados na camada de base, consideraram-se os valores médios calculados para cada um dos materiais na campanha de ensaios realizada depois do inverno (por ser a mais condicionante do ponto de vista estrutural).

Os resultados obtidos no dimensionamento da camada granular, para os quatro agregados em estudo, e considerando três horizontes de projeto distintos, são apresentados no Quadro 5. Indica-se, também, em que percentagem é necessário aumentar a espessura da camada granular quando se altera o horizonte de projeto do pavimento.

Quadro 5 – Resultados obtidos no dimensionamento da camada granular.

		MBB	BBM	ABGE	70%ABGE + 30%MBF
CB		e= 200mm E= 5500MPa			
CG		E=205MPa	E=285MPa	E=250MPa	E=340MPa
SF		E=140MPa			
10 anos	Esp. CG (mm)	371	368	371	361
	Variação relativa (%)	+0,0%	-0,8%	0,0%	-2,8%
15 anos	Esp. CG (mm)	392	387	391	379
	Variação relativa(%)	+0,3%	-1,0%	0,0%	-3,1%
20 anos	Esp. CG (mm)	407	401	405	392
	Variação relativa (%)	+0,4%	-1,1%	0,0%	-3,3%
Alteração HP	10 para 15 anos	5,7%	5,3%	5,4%	5,2%
	15 para 20 anos	3,8%	3,6%	3,7%	3,5%

Legenda: CB - Camada Betuminosa; CG- Camada Granular; SF - Solo de Fundação; HP – Horizonte de Projeto.

De uma forma geral, verifica-se que os RCD em estudo apresentam espessuras de camada de base semelhantes às obtidas quando é utilizado o ABGE.

No que diz respeito à sensibilidade dos diferentes agregados ao horizonte de projeto, verifica-se, para todos os materiais, uma alteração semelhante que se traduz num aumento da camada granular em, aproximadamente, 5,4% e 3,7%, quando se faz variar o horizonte de projeto de 10 para 15 anos e de 15 para 20 anos, respetivamente.

Analisando o horizonte de projeto de 20 anos, habitualmente considerado no dimensionamento de pavimentos aeronáuticos flexíveis, verificou-se que a camada granular constituída por 70%ABGE e 30%MBF é a que apresenta melhor desempenho, permitindo, quando comparado com o agregado natural de referência, uma redução da camada de base em aproximadamente 3% (13 mm). O BBM permite, também, a redução da camada de base em cerca de 1% (4mm). Relativamente ao comportamento da MBB, obteve-se uma espessura de camada de base muito idêntica à do ABGE, superior apenas em cerca de 0,4% (2 mm).

De notar que as reduções de espessura apresentadas na prática não tem significado, o que reforça a conclusão anterior de que a aplicação dos RCD é equivalente à utilização de agregado natural do ponto de vista da análise estrutural que foi adotada nesta simulação.

A Figura 8 permite observar, de uma forma simples, a variação de espessura da camada granular tendo como referência a espessura obtida na solução estrutural em que se utilizou o ABGE.

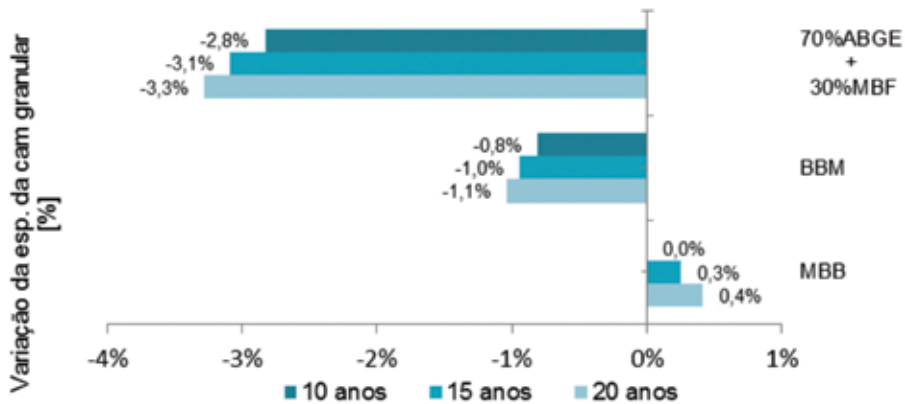


Figura 8 – Variação da espessura da camada granular em relação à espessura obtida na solução estrutural em que se utilizou o ABGE.

Mais uma vez se salienta o nulo significado prático destes resultados. Apesar de interessante a possibilidade de reduzir a espessura das camadas, as reduções obtidas não são suficientemente elevadas para superar os arredondamentos efetuados devido aos processos construtivos adotados, que absorvem largamente os valores calculados como potenciais reduções.

4. CONCLUSÃO

Com o trabalho apresentado neste artigo pretendeu-se avaliar o desempenho dos RCD quando aplicados em camadas granulares não ligadas de pavimentos, utilizando-se como referência um agregado natural correntemente utilizado neste tipo de obras. Para esse efeito, efetuou-se um estudo experimental e procedeu-se à modelação numérica dos ensaios de carga realizados nas diferentes secções experimentais, construídas à escala real e instrumentadas com extensómetros. A aplicação dos diferentes agregados reciclados em pavimentos aeronáuticos também foi avaliada, considerando-se diferentes horizontes de projeto e uma mistura de tráfego composta por aeronaves civis e militares.

Os RCD estudados apresentaram características adequadas que lhes permitiram evidenciar um desempenho estrutural aceitável e ser, em consequência, uma alternativa aos agregados naturais quando aplicados em camadas de base não ligadas de pavimentos.

No que diz respeito ao modelo de cálculo adoptado – modelo elástico linear – verificou-se que o mesmo foi conservativo. É conhecido que os materiais estudados apresentam modelos mais complexos (não lineares), no entanto, o modelo adoptado revelou-se adequado e de fácil utilização para a análise relativa efetuada, permitindo tirar conclusões válidas sobre o comportamento dos diferentes materiais.

O trabalho realizado permitiu aferir a influência das condições hídricas do pavimento no comportamento dos diferentes materiais. De acordo com os resultados obtidos, os materiais reciclados não revelaram grande sensibilidade à alteração das condições hídricas do pavimento, observando-se que o seu módulo de deformabilidade permaneceu praticamente constante.

Para a situação em estudo observou-se que a aplicação dos RCD estudados na camada de base de pavimentos aeronáuticos permite, quando comparada com a utilização de um agregado natural corrente, uma ligeira redução da espessura da camada. No entanto, na prática, e tendo em consideração os processos construtivos atualmente adotados, as reduções obtidas não são suficientemente elevadas para implementar em obra.

Por esse motivo, a análise paramétrica realizada deve ser entendida como a demonstração de uma tendência de comportamento. Em particular, verificou-se que a incorporação de cerca de 30% de MBF numa mistura de ABGE trouxe vantagens em relação aos agregados naturais correntes, especialmente ao nível da sua sensibilidade às condições hídricas. Deste modo, considera-se que a utilização da mistura de 70%ABGE e 30%MBF apresenta um melhor comportamento que o observado nos materiais naturais e, conseqüentemente, é de esperar que com este tipo de RCD se obtenham maiores economias e um melhor desempenho estrutural.

O estudo desenvolvido contribuiu para um conhecimento mais alargado do comportamento dos agregados reciclados quando aplicados em camadas granulares não ligadas. Projetos de investigação deste género permitirão aumentar a aplicabilidade deste tipo de resíduos, alargar o seu espectro de utilização e contribuir para uma construção sustentável e ecológica, baseada na reutilização e na reciclagem.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antunes, M. L. (1993): **Avaliação da Capacidade de Carga de Pavimentos Utilizando Ensaio Dinâmico**. Dissertação de Doutoramento. Universidade de Lisboa.
- Barbudo, A., Agrela, F., Ayuso, J., Jiménez, J. R. and Poon, S. C. (2012): **Statistical analysis of recycled aggregates derived from different sources for sub-base applications**. Construction and Building Materials. ISI Journal, 28 (1): 129-138.
- EN 933-1:1997/A 1:2005 (1997+A1:2005): **Tests for geometrical properties of aggregates. Part 1: Determination of particle size distribution - Sieving method. (Ed. 1)**. CEN, Bruxelas.
- EN 933-11:2009: **Tests for geometrical properties of aggregates. Part 11: Classification test for the constituents of coarse recycled aggregate**. CEN, Bruxelas.
- EN 12697-26:2004 (2004): Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Stiffness.
- EP. (2009): Caderno de Encargos Tipo Obras - Versão Preliminar. Estradas de Portugal.
- Freire, A. C., Neves, J. M. and Pestana, R. (2010): **Analysis of Recycled Aggregates Properties for Unbound Granular Asphalt Pavement Layers**. 11th International conference on Asphalt Pavements. Japão.
- Freire, A. C., Neves, J. M., Roque, A. J., Martins, I., Antunes, M. L. and Faria, G. (2012): **SUPREMA - Aplicação sustentável de resíduos de construção e demolição (RCD) de infraestruturas rodoviárias. Relatório de progresso – Ano 2**.

Freire, A. C., Neves, J. M., Roque, A. J., Martins, I., Antunes, M. L. and Faria, G. (2013): **Aplicação de resíduos de construção e demolição (RCD) em camadas granulares de pavimentos rodoviários validada em trecho piloto**. 7º Congresso Rodoviário Português. Lisboa.

Jiménez, J. R., Ayuso, J., Agrela, F., López, M. and Galvín, A. P. (2012): **Utilisation of unbound recycled aggregates from selected cdw in unpaved rural roads**. Resources, Conservation and Recycling, 58(1): 88-97.

LNEC E 473 (2009): **Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos**.

LNEC E 474 (2009): **Guia para a utilização de materiais reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição em aterro e camada de leito de infra-estrutura de transporte**.

Mália, M. (2010): **Indicadores de Resíduos de Construção e Demolição**. Dissertação de Mestrado. IST.

Neves, J., Freire, A. C., Roque, A. J., Martins, I. M., Antunes, M. L. and Faria, G. (2013): **Utilization of recycled materials in unbound granular layers validated by experimental test sections**. *Ninth International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields*, 578–85. Noruega.

Pestana, R. (2008): **Contribuição Para o Estudo do Comportamento Mecânico de Resíduos de Construção e Demolição Aplicados a Estradas de Baixo Tráfego**. Dissertação de Mestrado. IST.

Poon, C. and Chan, D. (2006): **Feasible use of recycled concrete aggregates and crushed clay brick as unbound road sub-base**. Construction and Building Materials, 20: 578-585.

Simões, R. (2013): **Estudo do comportamento de Resíduos de Construção e Demolição aplicados em camadas não ligadas de pavimentos**. Dissertação de Mestrado. IST.

Implementação de Automatismo na Transferência e Análise de Dados de Monitorização do Helicóptero EH101



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

Orientador: Professor Doutor Filipe Szolnoky Ramos Pinto Cunha
Departamento de Engenharia Aeroespacial, Instituto Superior Técnico,
Universidade de Lisboa

Coorientador – Marco Pinto, Capitão Engenheiro Aeronáutico
Terceira Repartição da Direção de Manutenção de Sistemas de Armas
Força Aérea Portuguesa

Resumo: O sistema de armas Augusta Westland EH101 “Merlin” é considerado um dos mais modernos e tecnológicos existentes no mundo face aos sistemas avançados que o constituem.

O helicóptero integra o *Health Usage and Monitoring System* (HUMS) que permite monitorizar e acompanhar automaticamente a condição e o desgaste dos componentes a bordo e alertar a tripulação, em tempo real, para eventuais anomalias de componentes em voo. Os dados HUMS gravados em voo podem ser descarregados, após cada voo, para a *Portuguese Ground Station* (PGS) onde são analisados e processados. A PGS consiste num *software* de gestão e manutenção do helicóptero EH101 que faz o registo de atividades de manutenção e o processamento dos dados recolhidos pelos sistemas de monitorização entre outras funções. É um *software* proprietário de código fechado destinado a correr em ambientes com sistemas operativos Windows XP, cujo suporte foi descontinuado em abril de 2014 pela Microsoft. Este fato pode comprometer a curto-médio prazo a continuação da utilização da PGS caso a Força Aérea Portuguesa (FAP) deixe de utilizar o sistema operativo Windows XP, em virtude da atualização do seu sistema operativo base. Além do referido, a PGS é um *software* fechado implicando, com isso, que não é possível à FAP adaptá-lo às necessidades institucionais emergentes, ficando obsoleto num futuro próximo. Contudo, contém algoritmos de processamento de métricas e de dados de monitorização que são fulcrais para tratar os dados recolhidos no helicóptero.

Uma vez que não existe um *software* alternativo à PGS que opere em qualquer plataforma informática e como a sua utilização é necessária para a atualização e processamento dos dados do helicóptero, a solução que se apresenta é a criação de uma *web application* que não substituirá na íntegra a PGS, mas que faça o *download* da informação da base de dados.

A aplicação designada Sistema de Apoio à Gestão do EH101 (SAGEH) foi desenvolvida em *OutSystems*, que consiste numa ferramenta atual, flexível e de simples utilização. A SAGEH acede à base de dados da PGS através de um explorador de Internet e, assim, pode ser utilizada em qualquer sistema operativo, além de permitir à FAP ter a total liberdade no controlo das suas funcionalidades.

Para tal, foi feito um estudo dos sistemas a bordo do helicóptero e da PGS, dos dados de entrada e saída para a PGS, assim como, da forma e da estrutura em que estes são guardados.

No final, é apresentado o SAGEH juntamente com as suas funcionalidades de visualização de dados e um módulo de análise inteligente de anomalias nos sistemas de transmissão e vibração, tornando-a numa ferramenta extremamente útil para o apoio e a tomada de decisões na gestão do helicóptero EH101.

Palavras-chave: HUMS, PGS, *Web application*, SAGEH, *OutSystems*.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas seis décadas o helicóptero evoluiu de um engenho vibratório instável, com bastantes dificuldades na descolagem, para o sistema sofisticado e de capacidades extraordinárias que é atualmente.

Os helicópteros possuem capacidades únicas quando comparados com as aeronaves de asa fixa. Nomeadamente, o voo estacionário, os graus de liberdade de manobrabilidade e a capacidade de aterrar e descolar verticalmente. Por estas razões, estes são utili-

zados em aplicações específicas destacando-se, por exemplo, a sua operação em áreas de difícil acesso.

O crescente desenvolvimento e integração dos sistemas aviónicos a bordo têm, no momento, um impacto significativo na forma como os helicópteros são operados em voo. As mudanças fazem-se sentir no controlo da aeronave, mas também, na área da manutenção ao redefinir as filosofias de manutenção e gestão mudando por completo o paradigma da aviação.

Hoje em dia o helicóptero é seguro e versátil, desempenhando um papel importante e único na aviação moderna.

1.1 Formulação do Problema

Na aquisição dos helicópteros EH101 – Merlin por parte do Estado Português, em 2001, foi acordada a inclusão de um *software* de gestão e monitorização deste sistema de armas.

Este *software*, designado por PGS, fazia parte do programa de aquisição. Porém não foi desenvolvido segundo requisitos da FAP, tendo sido fornecido como um produto definitivo. O *software* centraliza em si funcionalidades essenciais para a sustentação/manutenção e gestão do sistema de armas.

A PGS foi criada para correr apenas em ambientes *Microsoft Windows*, mais concretamente, em sistemas operativos XP/ME. O código de desenvolvimento deste *software* é reservado pela empresa que o desenvolveu – *Aerosystems International Limited* e, portanto, não permite que este sistema seja modificado por terceiros. Este fato implica que o *software* desenvolvido seja estanque, não havendo possibilidade de evoluir e, assim, acompanhar a evolução tecnológica.

A tecnologia tem evoluído de forma exponencial nos últimos anos e o rumo que os sistemas tecnológicos tomam deixam pouco espaço para os antigos coexistirem. Isso faz com que os programas tenham obrigatoriamente de acompanhar a evolução, sob risco de se tornarem desenhados e obsoletos, ao ponto de não se justificar a sua utilização.

No caso da PGS, sendo este um *software* que não é atualizado desde a sua introdução na FAP, encontra no momento crítico para a continuação da sua operação. Isto deve-se ao facto de a *Microsoft* ter anunciado que em abril de 2014 deixará de dar suporte ao sistema operativo XP. Esta notícia tem um grande impacto na FAP, na medida em que se vê obrigada a tomar medidas, uma vez que a grande maioria dos seus sistemas têm por base o sistema operativo XP.

Uma primeira solução possível consistiria em atualizar toda a base informática para um sistema operativo que tenha atualmente suporte, o que invalida a utilização da PGS. Embora existisse a hipótese de correr o *software* numa máquina virtual que permita simular o *Windows XP* em outras plataformas, tal implicaria a necessidade de utilizar computadores com capacidades de processamento superiores, para além de eventuais custos com este tipo de *software* e complicações advindas, pelo que esta solução não foi considerada.

A segunda solução passa por a FAP manter o *Windows XP*, o que implica que esta seja responsável pela manutenção do mesmo. Assim, é necessário que a FAP se certifique que o sistema é mantido seguro de ameaças que surjam e são desenvolvidas as condições que permitam o uso deste sistema com ferramentas modernas.

Ao atualizar o sistema operativo em uso na FAP, a PGS deixa de ser operável, o que significa que é necessário um novo *software* que tenha as mesmas funções, mas que seja compatível com o novo sistema operativo. A requisição de um *software* similar à PGS tem um custo elevado associado. A própria FAP possui conhecimentos para desenvolver uma ferramenta similar à PGS. Contudo, uma vez que esta executa algoritmos de processamento que são desconhecidos e essenciais, o desenvolvimento de uma ferramenta semelhante requer um esforço grande de *reverse-engineering*, cujos resultados são incertos.

A solução proposta e que foi implementada neste estudo, pretende encontrar um meio-termo entre as soluções apresentadas e criar, desta forma, uma opção para ser possível continuar a operação da PGS e se poder atualizar a “base” informática da FAP para um sistema operativo diferente.

Não abdicando da PGS, pois esta contém, como referido, algoritmos que processam parâmetros que são essenciais para a monitorização e gestão do helicóptero, foi desenvolvida uma ferramenta que permite à instituição aceder à informação processada pela PGS sem que o utilizador que a esteja a consultar necessite de ter a PGS instalada na sua máquina ou qualquer outro *software* extra.

Isto é conseguido graças a uma *web application*, que consiste numa aplicação que é executada através do explorador de *internet* presente em qualquer sistema operativo e que permite tanto a consulta como o processamento da informação contida na base de dados da PGS. Desta forma, é preciso apenas manter um computador com o XP e a PGS por posto de atualização que irá recolher informação do helicóptero e transferi-la para a base de dados.

Esta solução tem a mais-valia de minimizar a dependência de utilização da PGS, no sentido em que esta só é utilizada como ferramenta de transferência de informação para a base de dados. Desta forma, o tratamento da informação do helicóptero é tratada pela FAP através de uma *web application* que permite modificar e atualizar o seu sistema, podendo-se acrescentar funcionalidades que a própria PGS não possui.

O desenvolvimento do SAGEH constitui um primeiro passo e também uma oportunidade para a integração EH101 no SIAGFA. Os restantes sistemas de armas da FAP têm todos os seus dados numa plataforma transversal que é o SIAGFA, que permite a gestão centralizada das aeronaves da FAP. No momento, o EH101 não se encontra integrado no SIAGFA, dado a sua gestão depender da utilização da PGS.

Numa perspetiva futura pretende-se integrar o EH101, ou qualquer outro sistema de armas, no SIAGFA, pelo que é preciso procurar uma forma de fazer a ponte entre o sistema da aeronave

e o SIAGFA. É nesta medida que esta tese pretende dar início ao estudo que se foca numa das etapas para este objetivo. Esta etapa consiste na interligação de um sistema de gestão próprio de uma aeronave com outros sistema que, neste caso, trata-se de uma *web application*, o SAGEH, que poderá ser posteriormente integrado no SIAGFA.

Na Figura 1 podem ser vistos dois diagramas: O diagrama superior representa o modelo atualmente em aplicação e que consiste na interligação entre o helicóptero EH101 e a PGS, assente numa base de dados INGRES que é suportada pelo sistema operativo *Windows XP*; O diagrama inferior pretende mostrar a interligação do EH101 ao SIAGFA. Esta é feita com o modelo atualmente utilizado. Contudo, este permite ser suportado por qualquer sistema operativo. Desta forma, torna-se independente da plataforma como é o caso do SIAGFA, com a particularidade de o SAGEH constituir um passo para a integração deste sistema no SIAGFA.

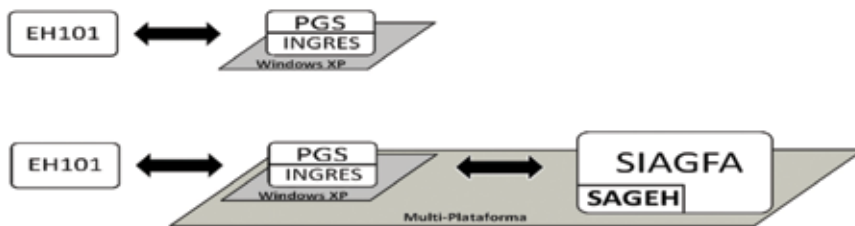


Figura 1 - Diagrama da Problemática

2. METODOLOGIA

A metodologia foi dividida em duas etapas que culminam com a apresentação de uma solução para o problema apresentado.

Na primeira etapa é identificado e caracterizado o problema no que diz respeito às suas implicações, alternativas e possíveis soluções. Posteriormente, é feita a análise de todos os sistemas envolvidos, das suas entradas e saídas de dados, assim como, as relações que existem entre eles, de forma a compreender e familiarizar com o contexto técnico envolvido. Após o estudo dos sistemas é desenvolvida e implementada uma plataforma que visa solucionar o problema apresentado e que possa trazer inovações para o caso estudado.

A segunda etapa trata do desenvolvimento de uma ferramenta que acede aos dados dos sistemas estudados e os apresenta num formato em função de cada voo *download*. Esta aplicação, por sua vez, engloba uma componente inteligente de caracterização de anomalias com o apoio de gráficos e algoritmos.

No final, são apresentadas as conclusões do método aplicado e as suas funcionalidades, tecidas algumas considerações à operação da ferramenta e são feitas recomendações para trabalhos futuros.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. *Health Usage and Monitoring Systems*

Os sistemas HUMS foram concebidos para monitorizarem de forma automática a condição dos componentes mecânicos existentes num helicóptero, assim como, do desgaste da fuselagem e de componentes dinâmicos.

O HUMS permite a gravação de dados referentes ao desgaste estrutural e nos veios de transmissão, às vibrações nos sistemas de transmissão, ao rotor, à distribuição de peso e aos requisitos energéticos do rotor. O HUMS não só monitoriza a condição de componentes rotativos, tais como as caixas de reductoras, rolamentos, motores e rotores através da análise de vibrações mas, também, grava informação paramétrica para análises de desgaste e registo de anomalias.

A principal vantagem da implementação de sistemas HUMS é refletida num aumento da segurança. A informação adquirida por estes sistemas inteligentes permite aos operadores e aos gestores tomarem decisões informadas sobre o voo e a manutenção.

Os benefícios do HUMS são descritos de seguida:

- Aumento da segurança;
- Diminuir o peso da manutenção;
- Aumento de prontidão e disponibilidade;
- Redução de custos de operação e suporte;
- A possibilidade de gerir as ações de manutenção a longo prazo;
- A capacidade de monitorizar uma condição de frota inteira, independentemente da localização física;
- O uso de informação histórica e específica sobre certas aeronaves permitindo antever a ocorrência de avarias.

O HUMS partiu inicialmente de uma vontade de tornar os helicópteros mais seguros mas, rapidamente, demonstrou-se que estes sistemas teriam benefícios consideráveis na área da manutenção, bem como na redução de custos.

4. CARACTERIZAÇÃO DAS MÉTRICAS MONITORIZADAS

A primeira fase deste estudo passa pela caracterização das métricas relacionadas com os sistemas a bordo do helicóptero. Para isso, é fulcral compreender e analisar a arquitetura aviónica.

É de notar que o EH101 contém um conjunto de sistemas aviónicos que se encontram interligados formando, assim, um sistema maior, único e coerente. Este formato unificado traz vantagens, na medida em que as rotinas de controlo e monitorização podem ficar sobre a total

responsabilidade de um computador principal e, com isso, centralizar a informação. Todos os sistemas comunicam entre si através de barramentos de dados (MIL--STN 1553B e ARINC 429) partilhando, assim, informações entre eles.

O sistema primário é designado por *Aircraft Avionic System* e é a principal área de processamento onde são tratadas todas as funções de gestão. Por sua vez, este sistema divide-se nos seguintes subsistemas:

- *Aircraft Management System* (AMS);
- *Automatic Flight Control System* (AFCS);
- *Integrated Display System* (IDS);
- *Communication*;
- *Navigation*.

Destes subsistemas apresentados, irá focar-se a atenção apenas no MAS, uma vez que é este o mais importante do ponto de vista da manutenção de todos os equipamentos em funcionamento. Este ocupa-se do processamento de todas as operações aviónicas, cálculos de navegação e monitorização dos sistemas.

Além destas funções, o AMS é responsável pelas seguintes áreas:

- Monitorização da condição da aeronave e dos sistemas aviónicos;
- *Health and Usage Monitoring System* (HUMS);
- Monitorização e cálculo do desempenho da aeronave;
- Cálculos de navegação;
- Gestão de comunicações;
- Gestão de sistemas de *Identification Friend or Foe* (IFF);
- Gestão dos sensores de navegação;
- Gestão de alarmes;
- Gestão dos *displays* do *cockpit*.

É ainda o AMS que faz a interface, processamento e digitalização de todos os sinais analógicos e discretos que são gerados pelos sensores a bordo onde são medidos dados de temperaturas, vibrações, pressões, velocidades entre outras.

4.1. Fluxo de informação

Antes de serem abordadas as métricas que são fornecidas pelo HUMS, irá ser descrito todo o processo que permite adquirir e analisar os dados numa estação terrestre, a PGS.

Existe na consola central, no painel de controlo do AMS, o *Data Transfer Device* (DTD) que permite ler ou guardar informação proveniente de um *Data Transfer Card* (DTC) para cartões do tipo *Personal Computer Memory Card International Association* (PCMCIA).

Após cada voo, inclusive os de manutenção, são recolhidos os dados da aeronave para o DTC. De seguida, é feito o carregamento dos dados através de um leitor DTC para um computador que tenha a PGS.

Posteriormente, a PGS faz uma leitura do seu conteúdo e, conseqüentemente, atualiza a base de dados com as últimas informações dos registos criados pelo AMS.

Uma vez atualizada a base de dados com os parâmetros descarregados, é possível analisar o desgaste e a longevidade dos componentes. A informação sobre evolução e a tendência de determinados parâmetros ajuda a identificar problemas mecânicos e mudanças nos padrões de comportamento e, com isso, antecipar e tomar decisões de gestão e de manutenção. Todo o processo encontra-se sintetizado na Figura 2.

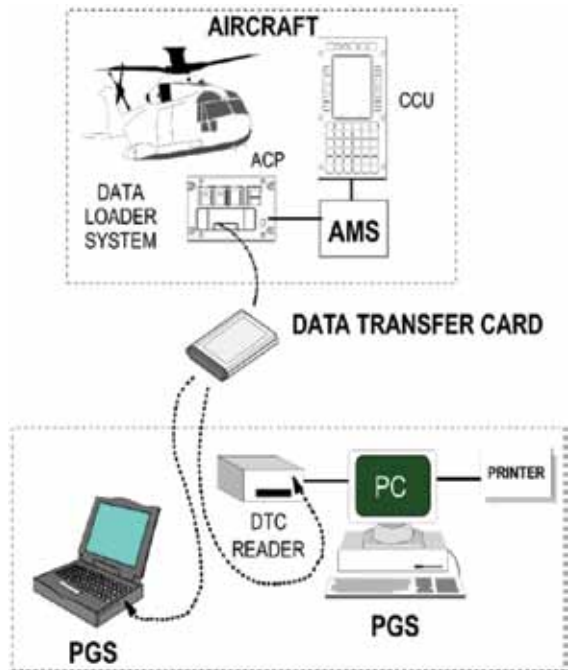


Figura 2 – Esquema do processo de transferência de informação para a PGS

4.2. Ficheiros da DTC

A informação da aeronave é gerida pelo AMS e é organizada sobre a forma de ficheiros que contêm informação referente a cada registo. A informação dos ficheiros é dividida em quatro áreas: *maintenance*, *performance*, *navigation* e *communication*. Neste estudo apenas serão analisados os ficheiros e as informações referentes à primeira área, *maintenance*, visto que os dados processados na PGS serem desta área, sendo os restantes dados caracterizados como operacionais e, portanto, não sujeitos a tratamento por parte da PGS. Uma vez que os sistemas encontram-se muitas vezes interligados em redes complexas de partilha de informação, os ficheiros *maintenance* foram divididos nas seguintes subáreas:

- TVM;
- *Engine*;
- *Structure*;
- *Faults*.

4.3. TVM

O sistema *Transmission Vibration Monitoring* (TVM) fornece ao HUMS informação estrutural e dinâmica sobre a condição da aeronave no que diz respeito ao sistema de transmissões e vibrações nos rotores. A aquisição de informação TVM inicia-se automaticamente, logo após o arranque do AMS e pode ser solicitada pela tripulação no *Common Control Unit* (CCU), sendo que esta também se encontra guardada nos ficheiros TVM.

O TVM tem como função monitorizar o sistema de transmissão com base na análise de vibrações. Ao ocorrerem desvios do funcionamento padrão das vibrações dos componentes rotativos é possível identificar anomalias provenientes do desgaste dos rolamentos e engrenagens. Este método permite caracterizar o desgaste dos componentes e feito com o recurso a 15 acelerómetros e dois sensores de fase instalados por todo o sistema de transmissão.

Os acelerómetros permitem medir as vibrações de vários pontos do sistema de transmissão, enquanto que os sensores de fase geram um sinal que permite relacionar o instante temporal com a velocidade de rotação, sendo possível determinar a posição angular dos componentes.

Na íntegra, o sistema TVM é constituído por:

- 15 Acelerómetros piezoelétricos:
 - 10 na caixa redutora principal - *Main Gearbox* (MGM);
 - 1 na caixa redutora de acessórios - *Accessory Gearbox* (AGB);
 - 1 na caixa redutora de acessórios - *Intermediate Gearbox* (AGB);
 - 1 na caixa redutora intermédia - *Intermediate Gearbox* (AGB);
 - 1 na caixa redutora traseira - *Tail Rotor Gearbox* (TGB);
 - 2 no veio do rotor de cauda.

- 2 Sensores de fase:
 - 1 na caixa redutora principal - MGB;
 - 1 na caixa redutora intermédia - IGB.

- 2 Módulos de aquisição de dados de vibração - *Vibration and Data Acquisition Module* (VDAM)

Os dados dos sensores são comparados com os limites pré-definidos e, conseqüentemente, são registados em ficheiros específicos. Toda esta informação pode ser acedida em qualquer momento pelos CCU sendo que também é descarregada no fim do voo através da DTC para a PGS.

4.4. Parâmetros de vibração TVM

O sistema HUMS analisa a condição do sistema TVM com base em sete índices [5] que são obtidos por quatro algoritmos computacionais. Os parâmetros, denominados por TVM *Vibration Parameters*, são os que a seguir se enumeram:

- PDVa - *Phase Demodulation Variance 1st gear*
- PDVb - *Phase Demodulation Variance 2nd gear*
- M6A - *Enhanced signal 6th order momentum*
- P2P - *Peak to Peak*
- MFP - *Mesh Frequency Power*
- S1R - *Shaft 1xRev Vibration Amplitude*
- S2R - *Shaft 2xRev Vibration Amplitude*

Juntamente com estes parâmetros, são ainda gravados dados denominados de *TVM Aircraft Parameters* e que abrangem os seguintes parâmetros:

- Valores de Torque nos três motores, no rotor principal e na cauda (*eng1, eng2, eng3, tail e main torque*);
- Velocidade de transmissão Nr (*rotor speed*);
- Velocidade observada no velocímetro (IAS - *Indicated Air Speed*);
- Ângulo de picada (*pitch*) do rotor;
- Ângulo de pranchamento (*roll*);
- Aceleração longitudinal (*long accel*);
- Aceleração lateral (*lat accel*);
- A temperatura do óleo na caixa redutora do componente a ser monitorizado (*oilt*).

4.5. Motor

O EH101 está equipado com três motores de turbina a gás Rolls Royce Turbomeca RTM 322. Estes motores são idênticos e intermutáveis podendo, assim, ser instalados em qualquer uma das três posições. O sistema de análise de monitorização dos motores da aeronave é denominado por *Engine - HUMS*, cujo objetivo é monitorizar a performance do motor e fazer uma análise de condição dos seus componentes.

Cada motor é controlado completamente por um sistema *Full Authority Digital Engine Control* que se encontra, por sua vez, integrado no *Engine Electronic Control Unit - EECU*. O EECU tem como função otimizar a performance dos motores e regular a potência dos motores em função dos comandos de voo dados pelo piloto.

O EECU recebe os sinais dos sensores do motor na forma analógica, sendo que alguns destes são posteriormente processados para poderem ser analisados. Alguns dados são combinados para representarem apenas um parâmetro, sendo que outros são processados e enviados posteriormente para o sistema HUMS e para os ecrãs de bordo.

Os parâmetros processados são:

- TIT - *Turbine Inlet Temperature* (°C), temperatura à entrada da turbina de baixa pressão;
- Ng - *Gas Generator Speed* (%), velocidade de rotação do compressor;

- Nf - *Power Output Shaft Speed (%)*, velocidade de rotação do veio de transmissão;
- Tq - *Power Output Shaft Torque (%)*, binário exercido pelo veio.

Além dos parâmetros relacionados com a análise dos motores referidos, existem ainda dois que são calculados na PGS:

- LCF - *Low Cycle Fatigue*, é o índice de desgaste de uma dada peça que compõe um dado componente;
- PPI - *Power Performance Index*, determinado com base no TIT e Ng. Este cálculo é efetuado numa situação estável de voo, sendo um fator indicativo do rendimento do motor.

O ficheiro onde é feita a gravação da condição dos componentes do motor é denominado *Engine Usage*. Neste ficheiro são guardados os seguintes parâmetros:

- *Starts*: Número de vezes que o motor arranca. É contado um arranque apenas quando o valor de Ng (*Raw*) for superior a 30%;
- *Operative time*: Define o tempo em que o motor esteve em funcionamento. É registado o tempo em que o valor de Ng (*Raw*) for superior a 30%;
- LCF: O AMS calcula o nível de LCF para cada motor e debita os resultados na forma de índices de desgaste;
- *Creep*: Indica o nível de desgaste do primeiro (*S1 Dam*) e segundo andar (*S2 Dam*) de redução da Turbina a gás;
- *Exceeded TIT/Ng*: Faz o levantamento do número de vezes e o tempo em que o motor se encontra em cada modo *contingency*;
- *Max NG/NF/TIT*: Regista os valores máximos registados no voo de Ng, Nf e TIT;
- *UNAV*: Regista o tempo em que não foram feitos registos.

4.6. Monitorização da Estrutura

O sistema HUMS faz a também a monitorização da estrutura. Este subsistema é responsável por registar e identificar a condição de voo em que a aeronave se encontra e é da responsabilidade do AMS.

O reconhecimento da condição de voo é feito através da análise de diversos parâmetros, nomeadamente, o ângulo de picada, de pranchamento e de guinada da aeronave, o *True Air Speed* (TAS), acelerações verticais, torque do motor, altura barométrica e de radar, assim como, o valor do sensor de *Weight-On-Wheels* (WOW).

O AMS recolhe informação sobre estes parâmetros a cada 3 segundos. Durante esse tempo é reconhecida a fase de voo e incrementado o respectivo contador, ou seja, é registada a quantidade de vezes que a aeronave se encontra numa condição voo. Um exemplo de condição de voo é a descolagem vertical.

Além de serem identificadas as fases de voo, é também gravada informação sobre as acelerações em todos os eixos, voltas, subidas, descidas e situações de voo anómalas.

São gravadas ainda informações no momento sobre a posição do centro de gravidade, peso *All Up Weight* (AUW), aceleração máxima, velocidade mínima, TAS, falhas, aceleração vertical, ângulo de pranchamento, altitude, velocidade vertical, estado do ACSR e peso do guincho.

Estas informações são gravadas não sobre a forma de valores absolutos, mas sobre intervalos definidos. Através das fases de voo é atribuído um índice de fadiga/utilização aos componentes principais da estrutura da aeronave.

4.7. Sistema de Identificação de Códigos de Avarias

O HUMS é responsável por gerir e supervisionar as falhas que ocorrem no EH101. A maior parte da monitorização de falhas é aplicada ao sistema aviónico que é da responsabilidade do AMS por intermédio do *In-Built Check-Out System* (IBCOS), sendo que a restante parte é feita pelo AMS através da análise e validação dos sistemas que supervisiona.

Os subsistemas do helicóptero são sujeitos a rotinas de verificação da correta operação, designados por BIT, que são geridas pelo IBCOS. O IBCOS, em conjunto com o HUMS, regista as anomalias no ficheiro *Fault* que ao ser processado pela PGS, despoleta *arisings* que constituem eventos que podem significar uma potencial falha que deve ser corrigida para a aeronave estar pronta para voo.

5. FERRAMENTA DE APOIO À GESTÃO DO EH101

Nesta parte é apresentada uma plataforma informática designada por SAGEH e que foi desenvolvida para apoiar as funções de gestão e monitorização do helicóptero EH101.

O diagrama apresentado concentra-se no desenvolvimento do SAGEH, ou seja, na parte da criação do suporte multiplataforma para a interligação entre o helicóptero e o SIAGFA.

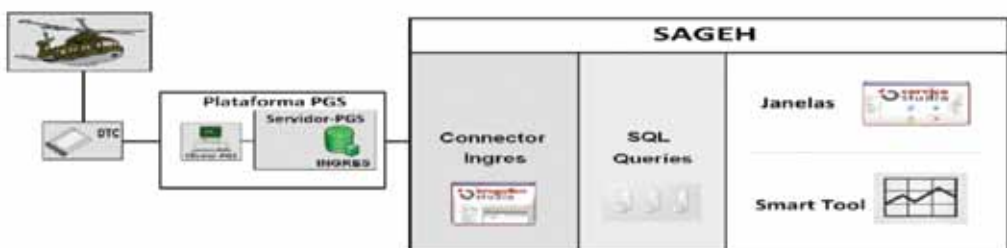


Figura 3 – Diagrama da ligação EH101-PGS-Web Application

5.1. Estrutura da Base de Dados

O *software* da PGS foi desenvolvido sobre uma metodologia de programação orientada por objetos - OOP. A programação orientada por objetos diz respeito a um paradigma de programação onde os conceitos são tratados como “objetos” que possuem campos de informação (atributos que descrevem o objeto).

A base de dados INGRES da PGS modo *server* é composta por um total de 233 tabelas (objetos), onde cada uma contém vários atributos que podem formar associações com outras tabelas e onde estes mesmos podem conter várias relações entre eles. Isto leva a que localizar uma informação específica se torne numa tarefa complexa.

No que diz respeito à informação requerida para este estudo, foi necessário analisar os mapas de informação HUMS num total de seis mapas (*Basic HUMS Fault/General/Health/Structural/Transmission/Engine Information Model*), juntamente com os mapas *Aircraft Maintenance Subsystem* e *Engineering Control Subsystem* onde são tratados os dados referentes, por exemplo, aos componentes da aeronave e aos dados de voo. Todos estes mapas agrupam as tabelas com as informações relativas aos sistemas apresentados. Na apresentação do SAGEH, efetuado no subcapítulo seguinte, serão referidos os mapas e as tabelas utilizadas, assim como, as ligações criadas entre as tabelas para a apresentação da informação pretendida.

5.2. SAGEH

Este subcapítulo irá focar-se inteiramente nos passos que levaram ao desenvolvimento da aplicação criada. Esta aplicação destina-se a servir de ligação entre o sistema atual composto por helicóptero e PGS, suportada em ambiente *Windows Xp*, com um sistema que seja independente do sistema operativo e que permita a ligação do sistema atual com qualquer outro sistema sendo, neste caso, com o SIAGFA.

Com o SAGEH pretende-se ter uma plataforma que permita aceder à informação guardada no INGRES e que possa ser tratada e apresentada de uma forma que se identifique com as necessidades exigentes do sistema de armas. Outra parte do SAGEH destina-se à implementação de mecanismos que permitam sistematizar e automatizar procedimentos aumentando, assim, a eficiência da gestão do helicóptero.

O SAGEH é uma aplicação que utiliza como cliente um explorador de *internet browser* como, por exemplo, o *Internet Explorer*, e que é desenvolvida numa linguagem interpretada por *browsers* como o *Javascript* e que depois é renderizado em ambiente HTML.

A aplicação desenvolvida é composta por dez janelas que se encontram interligadas por hiperligações. Para aceder à aplicação basta iniciar um explorador de *Internet* e introduzir o *link* da aplicação, sendo-se imediatamente encaminhado para a janela da página principal.

Dadas as suas funções, a aplicação pode ser dividida em duas partes: A primeira consiste numa componente de visualização e consulta da informação presente na base de dados composta pelas janelas *Downloads*, *Flight Metrics*, *TVM*, *Engine*, *Structural* e *Faults*; a segunda parte é uma componente inteligente, *Smart Tool*, que trata os dados da base de dados através de algoritmos que geram resultados de forma automática, apresentada nas páginas *SmartTool* e *Graph Popup*.

5.2.1. Componente de consulta

A componente de consulta permite ao utilizador ter acesso a informação existente na base de dados e tem como finalidade apresentar informação sobre os sistemas referidos em função de cada voo, que constitui um *download*, efetuado pelo helicóptero. Fazem parte desta, as páginas que são acedidas após a escolha da aeronave na página principal, ou seja, as páginas *Downloads*, *Flight Metrics*, *TVM*, *Engine*, *Structural* e *Faults*.

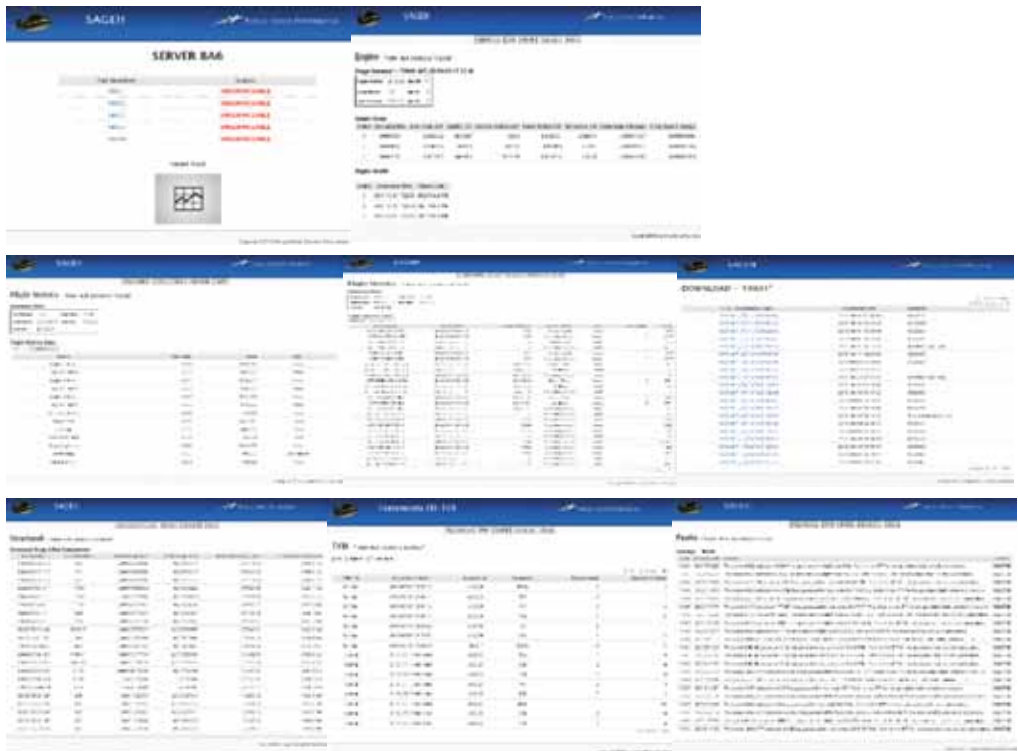


Figura 4 – Conjunto de páginas que constituem a componente de consulta.

5.2.2. Componente de Apoio à Decisão – Smart Tool

A segunda parte da aplicação contém uma componente de análise de dados e de apoio à tomada de decisões. Para aceder a esta ferramenta, basta clicar na página principal que pode ser acedida em qualquer instante ao clicar sobre o título que se encontra no cabeçalho da aplicação.

Além da capacidade de aceder a dados da INGRES e apresentá-los sobre uma interface de *web application*, foi desenvolvida uma ferramenta que auxilia o controlo vibratório do sistema de transmissão na aplicação da instrução técnica.

Foi igualmente desenvolvido um algoritmo que ajuda nas tomadas de decisão no cumprimento da instrução técnica IT-DMSA A34.005 [9] que é utilizada sempre que é despoletado um *arising* no âmbito do sistema TVM.

Esta instrução técnica estabelece as condições de aplicação da carta de trabalho CIETP EH-A-18-10-00-05A-410A-A do manual de manutenção do EH101 [10].

A carta de trabalho introduz procedimentos que permitem analisar a importância dos *arisings*, na medida em que estabelece limites para a taxa de crescimentos em função dos parâmetros de vibração.

Quando um parâmetro regista valores que ultrapassam os limites definidos na PGS é despoletado um *arising*. Um *arising*, por si só, pode não significar uma anomalia real. Como tal, é necessário verificar os *arisings* para analisar o comportamento do parâmetro. Pode também acontecer que os valores desse parâmetro estejam a crescer constantemente, o que significa uma avaria eminente e, assim, é necessário um acompanhamento mais próximo ou, até, uma inspeção.

O procedimento descrito na instrução técnica descreve, concretamente, como deve ser efetuada a análise da evolução da média dos valores do parâmetro nas últimas 50 horas e a comparação com a média das restantes horas. Caso a média nas últimas 50 horas exceda o valor limite definido especificado para cada parâmetro, deve ser tomada uma ação de inspeção.

A carta de trabalho é atualmente aplicada de forma manual, implicando que uma pessoa analise e caracterize visualmente cada *arising* e, de seguida, com base na experiência, identifique quais os *arisings* que necessitam atenção e os que podem ser desprezados. Através desta componente, é fornecido um método automático e fundamentado em cálculos analíticos para poder apoiar na caracterização dos *arisings*, tornando o processo de análise mais automático reduzindo, deste modo, a intervenção humana.

5.2.2.1. Página Smart Tool

Para aceder ao Smart Tool é necessário clicar na figura existente no meio da página inicial e o utilizador é imediatamente reencaminhado para a página pretendida. Nesta página, o utilizador é confrontado com a necessidade de selecionar a aeronave que se pretende analisar ou, então, clicar em "all" para o caso de serem todas. Após selecionada a opção, surge a informação dos *arisings* TVM.

Existem dois separadores que apresentam os *arisings* G1VM (*arisings* gerados em terra após a transferência da DTC para a PGS e os *arisings* TVM gerados em voo). Em qualquer dos separadores é possível observar o código do *arising*, as observações e a data e o hora de cada *arising*.

Nos separadores são apresentados apenas os últimos 50 *arising*s (número definido na instrução técnica) uma vez que se pretende identificar anomalias recentes nos sistemas TVM e existir um acompanhamento constante dos parâmetros TVM, o que significa que os mais antigos já foram alvo de atenção por parte da gestão do sistema de armas EH101.

Os últimos quatro campos das tabelas *arising* são preenchidos com base em resultados dos *arising*s que são indicados em cada linha. O campo *Graph* contém uma imagem em cada linha que serve como hiperligação para uma janela *pop-up* com informação referente à evolução do parâmetro do *arising* da linha em causa, juntamente com dados de médias, taxas de crescimento e limites de média do parâmetro.

À direita do campo *Graph* encontra-se um campo que indica se o parâmetro do *arising* analisado na linha está a exceder, ou não, o limite predefinido ao apresentar um quadrado vermelho ou verde respetivamente. Os dois campos a seguir à condição indicam a relação percentual entre a média do primeiro (A) e a do segundo (B) intervalo na banda 1 e na banda 2, caso esta última exista. O intervalo B corresponde por defeito às últimas 50 horas de análise do parâmetro. Se a média B aumentar relativamente à A é indicado um valor positivo, caso contrário, será negativo. O campo da condição fica no estado verde quando a média na banda 1 e 2 não exceder o limite percentual que se encontra definido no último campo, "B vs A Limit". Numa situação em que a média é excedida, a condição fica no estado vermelho, o que significa que o *arising* necessita de uma atenção cuidada. O limite no último campo é definido em função do parâmetro que o despoletou.

De forma a ilustrar melhor o processo de análise de condição é apresentado na figura 5 um gráfico exemplo.

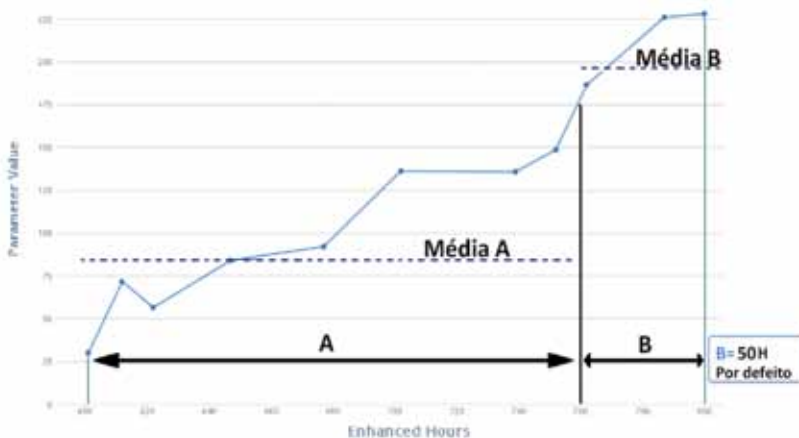


Figura 5 – Gráfico exemplo de análise de condição

Ao clicar na imagem do campo *Graph* o utilizador abre uma janela *pop-up*. Uma janela *pop-up* consiste numa janela de dimensões mais reduzidas que se sobrepõe à janela existente (Figura 6).

Na janela indicada, é apresentado ao centro um gráfico com a evolução dos valores do parâmetro do *arising* na banda 1, linha azul, e na banda 2 (caso exista), linha vermelha. Trata-se de gráfico XY que foi criado tendo em conta uma extensão em *javascript* baseada em gráficos *Highcharts*.

Cada gráfico apresenta informação em função do tipo de *arising*, G1VM ou TVM, do parâmetro que é registado no *arising* e do número de aquisição que representa a linha que foi selecionada na janela *Smart Tool*.

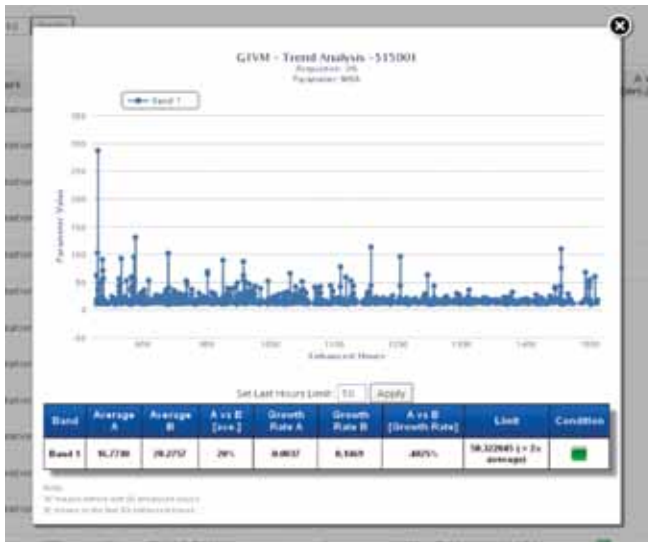


Figura 6 – Pop-up com gráfico e resultados analíticos.

Para a aplicação SAGEH conseguir identificar corretamente as características que devem ser selecionadas, para fazer o pedido posteriormente à base de dados através de uma *query*, foi necessário desenvolver um algoritmo específico.

O diagrama seguinte reúne e resume todos os aspetos apresentados da ferramenta *Smart Tool* de forma simplificada.

INGRES	SAGEH	
	Queries	Visualização
<p>➤ Informação na Base de Dados</p>	<p>➤ Separação G1VM e TVM Parâmetro</p>	<p>➤ Identificação do Parâmetro</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Algoritmo aplicado a cada parâmetro ➤ Análise Estatística ➤ Gráfico ➤ Análise de Condição

Figura 7 – Algoritmo simplificado do *Smart Tool*

6. RESULTADOS

Ao longo deste estudo foram alcançados os objetivos propostos. O objetivo alcançado mais evidente refere-se à criação de uma aplicação pronta a ser utilizada, o SAGEH, que foi apresentado no capítulo anterior e que reflete a análise feita aos sistemas de monitorização do sistemas de armas. Neste capítulo pretende-se demonstrar e avaliar os resultados da aplicação da ferramenta *Smart Tool* na perspetiva das suas vantagens e limitações. A ferramenta é composta também por um módulo de apresentação da informação da base de dados, cujos resultados são apresentados no capítulo anterior. O SAGEH foi apresentado através das imagens das páginas, pelo que será focado neste capítulo apenas o estudo dos resultados da componente inteligente do *Smart Tool*.

Ao observar os resultados da página no modo “all” é possível identificar os casos que tem uma condição que merece atenção especial, que correspondem aos casos que tem um quadrado vermelho, e os que podem ser desprezados segundo o algoritmo aplicado. Na Figura 8 é apresentado um excerto da página *Smart Tool* com alguns casos referidos.

G1VMM6A17	Acquisition 17 (Planets A06) has a GROUND TVM MGA parameter exceedance.	19602_AUT_20/09/13 10:17:04		-10%	N/A	200%
G1VMMFP16	Acquisition 16 (TTO SEVEL GEAR) has a GROUND TVM MFP parameter exceedance.	19601_AUT_12/09/13 16:50:27		330%	298%	300%
G1VMMFP23	Acquisition 23 (IGB PRWFO) has a GROUND TVM MFP parameter exceedance.	19601_AUT_10/09/13 13:08:04		481%	218%	300%
G1VMMFP10	Acquisition 16 (TTO SEVEL GEAR) has a GROUND TVM MFP parameter exceedance.	19601_AUT_10/09/13 13:08:04		330%	298%	300%
G1VMPDVA23	Acquisition 23 (IGB PRWFO) has a GROUND TVM PDVA parameter exceedance.	19601_AUT_10/09/13 13:08:04		1607%	146%	1000%
G1VMMFP14	Acquisition 14 (TTO - Collector Gear) has a GROUND TVM MFP parameter exceedance.	19601_AUT_10/09/13 13:08:04		621%	208%	300%
G1VMMFP10	Acquisition 16 (Eng2-2nd Pinion) has a GROUND TVM MFP parameter exceedance.	19601_AUT_10/09/13 13:08:04		225%	75%	300%
G1VMMFP05	Acquisition 3 (Eng2-1st Pinion) has a GROUND TVM MFP parameter exceedance.	19601_AUT_10/09/13 13:08:04		182%	94%	300%

Figura 8 – Excerto da página *Smart Tool* com as análises de condição possíveis.

Na figura é possível verificar que existem três casos que podem ser desprezados, nomeadamente, os casos com os seguintes código de arising: G1VMM6A17, G1VMMFP10 e G1VMMFP05 (assinalados a verde). Tratam-se de casos em que a média do parâmetro a analisar cresce abaixo do limite definido para o parâmetro.

Analisando cada situação, foi possível verificar que a ferramenta identifica corretamente os casos desprezáveis embora, na situação dos casos alarmantes, poderem também existir casos que possam ser igualmente desprezados. Contudo identifica sempre os alarmantes. Tal, significa que a ferramenta não é completamente automática, não dispensando a observação de uma pessoa para a confirmação dos casos alarmantes. Porém, a ferramenta apresenta-se muito útil e importante, uma vez, que reduz o número de casos a analisar e, assim, torna-se numa mais-valia para o apoio e a gestão do helicóptero.

7. CONCLUSÃO

Este estudo propõe uma solução para a continuação da utilização da base de dados de gestão e monitorização da PGS na FAP, após a alteração do sistema operativo utilizado na instituição.

Desenvolveu-se uma *web application* com a capacidade de aceder aos dados da PGS e de os apresentar numa plataforma moderna, flexível e que corra em qualquer sistema operativo.

Relativamente às contribuições desta aplicação, esta permite um controlo total sobre a informação a visualizar e a forma como é apresentada. Tal, vai contribuir para o futuro desenvolvimento de um sistema que reflita, verdadeiramente, às necessidades da FAP e que permita a continuação da utilização da PGS na gestão do sistema de armas EH101.

Foi também possível fazer um estudo dos sistemas HUMS, assim como, identificar os dados que são processados e enviados do helicóptero para a PGS. Desenvolveu-se a capacidade de se poderem automatizar procedimentos aumentando, assim, a eficiência e reduzindo a intervenção humana.

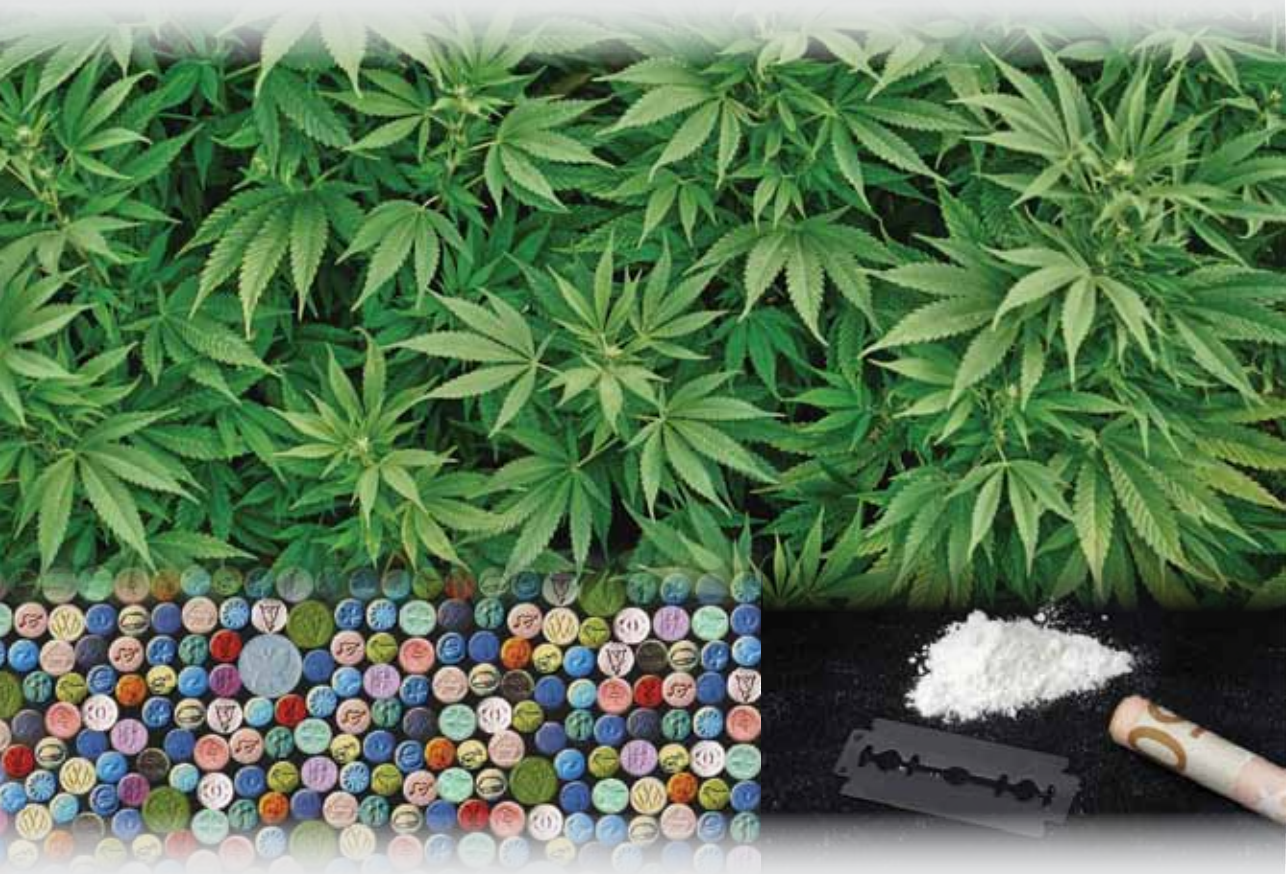
Com os conhecimentos adquiridos será possível integrar os dados do helicóptero no ,SIA-GFA, sistema que reúne toda a informação dos outros sistemas de armas operados na FAP. Até à presente data, existia apenas a plataforma entre o helicóptero e a PGS que era suportada em *Windows XP*. Porém, agora já é possível ligar a PGS a outros sistemas que permitem a criação de novas funcionalidades. Desta forma, é expandido o leque de alternativas e apresentada uma metodologia para que possa ser avançado uma solução para a integração do helicóptero o SIAGFA.

Contudo, esta solução não permite abdicar completamente da PGS, pois esta contém algoritmos que processam métricas importantes para a gestão do helicóptero que são apenas do conhecimento do fabricante. Isto implica que será sempre necessário utilizar a PGS e esta, por sua vez, o *Windows XP* para fazer a atualização da base de dados. Este método constitui uma solução a curto-médio prazo, expandindo desta forma a operação da PGS e, com isso, o tempo para poder ser encontrada uma solução que seja completamente independente da PGS.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- J. G. Leishman (2006): **Principles of Helicopter Aerodynamics**, Cambridge: Cambridge University Press.
- US Joint Helicopter Safety Implementataion Team & HFDM Working Group (2013): **Health and usage monitoring systems toolkit**.
- Agusta Westland (2008): **Logistic Support Systems – Installation and Configuration of Ingres and OpenROAD**, Yeovil.
- Microsoft Corporation, **Windows xp sp3 and office 2003 – support ends april 8th, 2014**. [Online]. Available: <http://www.microsoft.com/en-us/windows/enterprise/endofsupport.aspx>. [Acedido em 1 December 2013].
- Cap. C. Sousa (2006): “**Avaliação da Condição por análise de vibrações no EH101**”.
- Cap. M. F. M. Pinto (2006): **Migração dos dados relativos à manutenção da aeronave EH101 da PGS para o SIAGFA na FAP - Módulo de Gestão da Manutenção**.
- Aerosystems International Limited (2004): **Portuguese Ground Station (PGS) Main Application Software Design Description (SDD)**, 2nd edition ed., Alvington, Yeovil, Somerset BA22 8UZ.
- Aerosystems International Limited (2004): **Maintenance Management System (MMS) Product Database Design Description**, 1st edition ed., Alvington, Yeovil, Somerset BA228UZ.
- Westland Helicopters (2012): **EH101 Controlo Vibratório do Sistema de Transmissão através da PGS**, Outubro 2012.
- Westland Helicopters (2009): **Threshold Exceedance - Fault Isolation**, 3rd edition ed., June 2009.
- Highcharts, **Highcharts api documentaion**, 01 Dezembro 2013. [Online]. Available: <http://api.highcharts.com/highcharts>.

Drogas Recreativas – O Coração do Prazer *Recreational Drugs – The Heart of Leisure*



Autora: Inês Passos, Alferes Aluna do Mestrado em Medicina
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

Orientador: Professora Doutora Dulce Brito
Clínica Universitária de Cardiologia da Faculdade de Medicina, Universidade de Lisboa

Resumo: Milhões de indivíduos em todo o mundo consomem drogas ilícitas. Em Portugal as mais utilizadas são a *cannabis*, a cocaína e o *ecstasy*. O conhecimento de muitos dos efeitos destas substâncias é escasso, principalmente em relação ao sistema cardiovascular. Sendo as doenças cardiovasculares uma das causas mais importantes de morbilidade e mortalidade, o impacto do consumo das drogas recreativas na doença cardiovascular é assunto de grande relevância. Neste trabalho faz-se uma revisão de literatura sobre este tema, focando os principais efeitos cardiovasculares das três drogas recreativas mais consumidas em Portugal.

Palavras-Chave: Drogas recreativas; cannabis; cocaína; crack; ecstasy; MDMA; anfetaminas; efeitos cardiovasculares;

Abstract: Millions of people use recreational drugs worldwide. In Portugal, the most used drugs are cannabis, cocaine and ecstasy. The knowledge of the effects of these substances is scarce, mainly regarding the cardiovascular system. Cardiovascular disease is an important cause of morbidity and mortality and the possible contribution of the use of these kind of recreational drugs is relevant. In this paper we review the literature regarding this theme, focusing on the main cardiovascular effects of the three most used recreational drugs in Portugal.

1. INTRODUÇÃO

Segundo o *World Drug Report* de 2013 estima-se que, a nível mundial, entre 167 e 315 milhões de pessoas, com idades compreendidas entre os 15 e os 64 anos, tenham utilizado drogas ilícitas no ano de 2010. Muito embora este número seja já alarmante, é claramente subestimado, uma vez que a contabilização de práticas ilícitas carece sempre de dificuldades acrescidas. Os dados estatísticos portugueses mais recentes datam de 2007, obtidos através do Inquérito Nacional ao Consumo de Substâncias Psicoativas na População Portuguesa. Estes dados revelaram como drogas ilícitas mais utilizadas, pelo menos uma vez na vida, a *cannabis*, a cocaína e o *ecstasy*, com uma prevalência numa população de 15000 indivíduos entre os 15 e os 64 anos, representativa da população do país, de 11,7% para a *cannabis*, 1,9% para a cocaína e 1,3% para o *ecstasy*. O relatório preliminar do último inquérito realizado em Portugal, em 2012, mantém estas três drogas como as mais utilizadas, muito embora se verifique uma inversão entre o segundo e o terceiro lugar, passando o *ecstasy* a apresentar um consumo ao longo da vida na ordem dos 1,1% e a cocaína de 1%. (Figura 1).

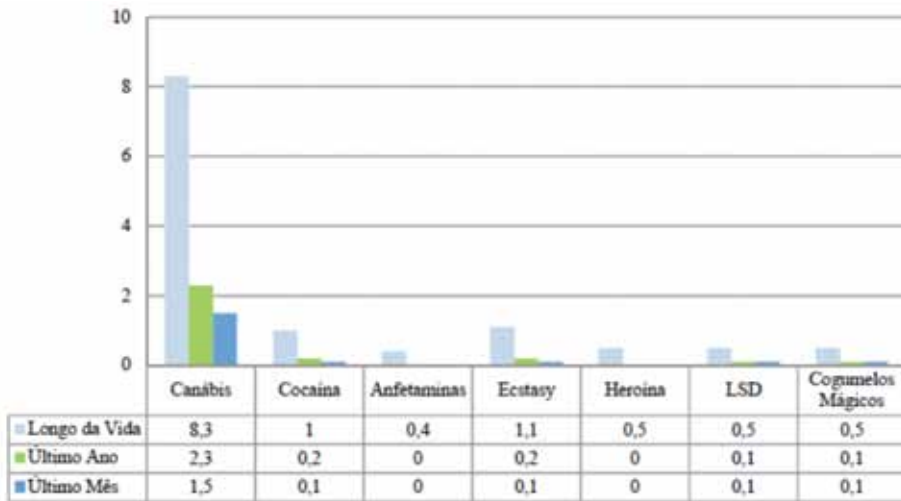


Figura 1 – Prevalência do Consumo de Substâncias Psicoativas (2012)

O conhecimento de muitos dos efeitos destas substâncias é escasso, principalmente pelo seu consumo constituir prática ilícita. As doenças cardiovasculares continuam hoje em dia a constituir uma das causas mais importantes (senão mesmo a mais importante) de morbilidade e mortalidade e a implicação do conhecimento destas drogas no sistema cardiovascular é assunto relevante. Assim, neste trabalho faz-se uma revisão da literatura sobre os principais efeitos cardiovasculares das três principais drogas recreativas consumidas em Portugal.

2. MÉTODOS

Para a realização desta revisão foram utilizados artigos pesquisados na Medline, utilizando as palavras “recreational” ou “illicit”, “drugs”, “cannabis”, “marijuana”, “cocaine”, “crack”, “ecstasy”, “MDMA”, “amphetamines” e “heart”. Como critérios de inclusão consideraram-se artigos cujo título e *abstract* estivessem relacionados diretamente com o objetivo deste trabalho, escritos quer em Língua Inglesa quer em Língua Portuguesa. Para efeitos desta revisão, foram consideradas apenas as três principais drogas consumidas a nível nacional.

3. RESULTADOS

3.1 Cannabis

A *cannabis* continua a ser a droga recreativa mais utilizada na atualidade. Estima-se que 3,9% da população mundial, com idades compreendidas entre os 15 e os 64 anos sejam utilizadores. Tipicamente denominada *marijuana*, esta droga tem sido utilizada para fins medicinais em todo o mundo durante milhares de anos. Hoje em dia, estuda-se a sua utilização terapêutica nos mais variados campos da medicina: na doença inflamatória intestinal, onde parece ajudar a melhorar o

apetite e o peso dos doentes, assim como nos doentes com SIDA (Síndrome da Imunodeficiência Adquirida) e em patologias associadas a dor crónica como a fibromialgia. Esta droga contém várias substâncias ativas, de entre as quais se salientam o delta-9-tetrahidrocannabinol (THC), o principal componente ativo da *cannabis*, e o canabidiol. É uma droga habitualmente fumada, constituindo este o principal meio de consumo, sendo rapidamente absorvida nos pulmões. Existem já canabinóides sintéticos aprovados pela FDA (Food and Drug Administration), nomeadamente o Dronabinol (Marinol®) e Nabilone (Cesamet®), utilizados não só para o tratamento da anorexia associada a perda ponderal em doentes com SIDA, como também para tratar as náuseas e vômitos de doentes a realizar quimioterapia e refratários à terapêutica com anti-eméticos convencionais.

No que respeita à farmacologia, após o consumo, a semi-vida do THC é de aproximadamente 4 horas. Atualmente conhecem-se dois receptores membranares através dos quais os canabinóides exercem a sua ação: CB1 e CB2, muito embora se pense que existam outros. No entanto, estes receptores são também utilizados pelos endocanabinóides fisiológicos, nomeadamente pela anandamida (AEA) e pelo 2-araquidionilglicerol (2-AG). Tanto o receptor CB1 como o CB2 são receptores acoplados a proteína-G que se encontram expressos em diversos tecidos. Os receptores CB1 são predominantemente expressos no cérebro e em vários tecidos periféricos como o músculo cardíaco, o fígado, o endotélio vascular ou o rim. Os receptores CB2 encontram-se presentes predominantemente em células do sistema imune, tendo também sido identificados em células endoteliais onde a sua expressão é regulada por citocinas pró-inflamatórias.^[6]A grande variabilidade de seletividade entre os canabinóides endógenos e exógenos para com os receptores CB1 e CB2 é responsável pela variabilidade de efeitos psicotrópicos e periféricos. Alguns tecidos expressam tanto receptores CB1 como CB2 – adipócitos, plaquetas e epitélio brônquico. No coração, podemos encontrar ambos os receptores, dados os vários tipos de células e tecidos de que é constituído.

A *cannabis* parece ter um efeito bifásico no sistema nervoso autónomo: em doses baixas ou moderadas leva a um aumento da atividade simpática e a uma redução da atividade parasimpática, originando taquicardia, aumento ligeiro da pressão arterial e um aumento no débito cardíaco até 30%. Parece, no entanto, diminuir a resistência vascular periférica, particularmente a nível do músculo esquelético, podendo causar hipotensão ortostática. Em doses altas, a atividade simpática é inibida e a parassimpática aumentada, levando a bradicardia e hipotensão. O seu consumo parece estar também associado a um aumento dose-dependente na frequência cardíaca em repouso desde 20% a 100%.

A pressão arterial tipicamente aumenta na posição supina sendo a hipotensão postural também comum, como referido. Na ausência de doença estrutural cardíaca, estas alterações mediadas pelo sistema nervoso autónomo parecem no entanto ser bem toleradas.

Doença Isquémica Coronária:

Em doentes com doença isquémica coronária, a *cannabis* aumenta a frequência dos sintomas anginosos para níveis baixos de exercício, uma vez que o seu consumo em doses baixas a

moderadas leva a necessidades aumentadas de oxigénio pelo ritmo cardíaco e contractilidade cardíaca aumentados.

No geral, parece existir um aumento das necessidades pelo miocárdio de oxigénio, com uma diminuição do aporte deste, parcialmente devida ao aumento da carboxihemoglobina, o que resulta numa diminuição do limiar para os sintomas anginosos em doentes com angina estável crónica.

No estudo de Mittleman et al. (2001), que procurou avaliar a relação causal entre o consumo de marijuana e o enfarte agudo do miocárdio (EAM) concluiu-se que este fator era um raro desencadeante de EAM. Este estudo revelou no entanto um aumento do risco de EAM em cerca de cinco vezes até uma hora após o consumo de marijuana, após a qual o risco decresce rapidamente. Ainda assim, a percentagem de doentes com consumo de marijuana na hora antes do EAM foi de apenas aproximadamente 0,002%, sendo que também apenas 124 doentes dos 3882 reportaram ter consumido marijuana no ano anterior, motivo pelo qual estes resultados carecem de confirmação mais robusta.

Doença Arterial Aterosclerótica:

Parece também existir uma relação importante entre a cannabis e a doença arterial aterosclerótica uma vez que a primeira parece atuar na modulação do sistema imune, que tem um papel essencial na aterosclerose.

Tanto em ratinhos como em humanos foi demonstrada a existência de receptores CB2 nos macrófagos e células T infiltradas em lesões ateroscleróticas. A administração oral de THC em baixas doses (1mg/kg/dia), mostrou inibir a progressão de lesões ateroscleróticas no arco aórtico e na aorta abdominal de ratinhos, por diminuir a adesão monocitária através da ativação dos receptores CB2 nestas células. O THC parece ainda diminuir os níveis de Interferão-Gamma (citocina das células TH1), sugerindo que as propriedades anti-ateroscleróticas dos canabinóides podem ser resultado da regulação da resposta imune das células TH1, a população predominante de células T nas lesões ateroscleróticas. No entanto, estes efeitos protetores parecem ser dose-dependentes, com um efeito máximo para concentrações plasmáticas de 0,6 ng/ml (dose muito mais baixa que a associada aos efeitos psicotrópicos dos canabinóides).

Vários estudos procuraram mostrar evidência do bloqueio dos receptores CB1 na modulação da inflamação na aterosclerose, uma vez que estes receptores foram identificados em macrófagos de ateromas avançados, estando o seu bloqueio associado a uma diminuição da produção de metaloproteinases e citocinas inflamatórias. Num ensaio clínico controlado e aleatorizado, publicado em 2008 - STRADIVARIUS (*Strategy to Reduce Atherosclerosis Development Involving Administration of Rimonabant – The Intravascular Ultrasound Study*) - a diminuição da percentagem de volume das placas ateromatosas, objectivo principal do estudo, não foi reduzida significativamente com a terapêutica com Rimonabant (Antagonista CB1). Outros ensaios clínicos aleatorizados mostraram também não parecer existir uma alteração da história

natural da aterosclerose com o antagonismo dos receptores CB1. A utilização de agonistas dos receptores CB2 como terapêutica pode no entanto ser um caminho a tomar.

Arritmias:

A utilização de marijuana, dependendo obviamente da dose consumida, pode levar a taquicardia ou bradicardia sinusal e a batimentos ectópicos ventriculares prematuros, muito embora não tenham sido descritos casos de taqui ou bradiarritmias fatais diretamente relacionados com o seu consumo. Pensa-se que a estimulação vagal pode reduzir a duração do potencial de ação e diminuir o período refractário auricular, levando a arritmias por um mecanismo de reentrada. Estão também descritos casos de fibrilhação auricular após o consumo de marijuana.

Os efeitos bioquímicos do consumo de marijuana podem ser muito mais complexos do que se julga, uma vez que existem várias partículas e produtos de combustão nos cigarros de marijuana cujos efeitos ainda não se encontram bem caracterizados.

3.2 Cocaína

A cocaína encontra-se associada a várias patologias cardiovasculares, as mais frequentemente descritas são o EAM, a miocardiopatia e as arritmias. No entanto, situações como a endocardite e a dissecação aórtica encontram-se também descritas.

Esta substância ilícita pode ser consumida de várias formas: fumada, inalada ou através da administração endovenosa, forma que apresenta mais riscos, não só pela partilha de seringas (com os riscos inerentes, incluindo de doenças transmissíveis), mas também pela criação de “portas de entrada” para infecções por microrganismos patogénicos. A droga é rapidamente absorvida: quando fumada, chega à circulação em segundos ou poucos minutos; quando inalada, atinge o pico máximo em 30 a 60 minutos.

O efeito da cocaína no músculo cardíaco e nos vasos coronários e periféricos continua relativamente pouco compreendido. A exposição aguda parece resultar num efeito vasoconstritor predominante: tanto a nível coronário, podendo levar a isquémia do miocárdio ou a enfarte, como a nível periférico, resultando em hipertensão e isquémia de outros órgãos (particularmente cerebral).

O mecanismo fisiopatológico pelo qual a cocaína provoca estes efeitos cardíacos, passa pelo bloqueio da recaptção de noradrenalina e de dopamina nas terminações nervosas simpáticas pré-ganglionares, ação esta que parece ser responsável pelo aumento da frequência cardíaca, da pressão arterial, da contractilidade cardíaca e pelas síndromes vasospásticas agudas observadas em alguns consumidores desta droga. Ao mesmo tempo, a cocaína também atua como um anestésico local, ao bloquear os canais de sódio e potássio, levando à depressão da função cardíaca e a risco arritmico. No entanto, a atividade simpática predomina para doses baixas, enquanto que a atividade anestésica predomina para doses altas. Desta forma, os neurotransmissores libertados nos nervos simpáticos cardíacos ligam-se aos receptores alfa e

beta-adrenérgicos, levando a uma cascata de respostas intracelulares – a estimulação alfa leva a despolarizações oscilatórias da membrana das células cardíacas resultando em potenciais de ação prolongados e na ocorrência de extra-sístoles enquanto que a estimulação beta resulta num aumento da força de contração do miócito.

A procura da causa da cardiotoxicidade associada ao consumo de cocaína tem sido intensa e várias hipóteses se têm levantado. A principal, refere como causa principal o stress oxidativo. Num estudo caso-controlo levado a cabo por Fan *et al.*, foi administrada cocaína a ratinhos, com um padrão crónico esporádico na tentativa de reproduzir o habitual comportamento de consumo humano. Verificou-se nestes animais que o consumo crónico esporádico de cocaína levava a produção duas vezes maior de radicais livres de oxigénio no coração, parecendo este aumento estar associado à ativação da Nox 2 oxidase (subunidade da NADPH oxidase). Uma melhor compreensão deste mecanismo pode ser crucial no sentido de tratar as complicações cardiovasculares que advém do stress oxidativo.

A cocaína estimula também a libertação de endotelina-1, um potente vasoconstritor, pelas células endoteliais, inibindo igualmente a produção de óxido nítrico (NO). Promove ainda a trombose através da ativação plaquetária, do aumento da agregação plaquetária e do aumento de outros factores como o fibrinogénio ou o factor de *vonWillebrand*.

O consumo de cocaína está também associado a morte súbita, sendo que na maioria dos casos a causa passa pelo EAM. Parece existir um grande espectro de concentrações séricas em indivíduos que morreram após o consumo de cocaína (desde 0,1 a 24 mg/dL), sugerindo que nenhuma concentração sérica é sempre segura. Num estudo realizado por Lucena *et al.*, verificou-se que 50% das mortes ligadas ao consumo de cocaína ocorriam maioritariamente ao fim-de-semana, o que pode sugerir uma maior relação entre a morte súbita e o uso recreativo de cocaína, ao invés do uso crónico. Inclusivamente parece existir também um maior número de EAM associados ao consumo esporádico do que ao consumo crónico, suportando esta hipótese.

Miocardiópatia Dilatada:

Cada vez mais se reconhece o papel da cocaína no desenvolvimento, quer subagudo, quer crónico, de miocardiópatia dilatada. Muito embora a maioria dos casos relatados sejam reversíveis, outros resultam em disfunção cardíaca permanente ou em morte. A realidade é que muitas das mortes relatadas, associadas ao consumo de cocaína, são muitas vezes atribuídas à toxicidade da droga (*overdose*), sem qualquer tentativa de procurar estabelecer a etiologia exata, razão pela qual esta patologia permanece sub-reportada.

Em termos fisiopatológicos, o consumo de cocaína parece levar a disfunção sistólica ventricular esquerda quer em consumidores crónicos, quer na intoxicação aguda. Uma das razões para se pensar que tal aconteça, prende-se com a evidência em estudos realizados de que a cocaína leve a dilatação ventricular esquerda, com diminuição da contractilidade (através do bloqueio dos canais de sódio nos miócitos). Existem dois principais mecanismos pelos quais

este consumo pode resultar em miocardiopatia: por um lado, pelo efeito tóxico direto da cocaína sobre o miocárdio, por outro lado pela doença arterial coronária a que pode levar. Esta última, ao condicionar a ocorrência de isquémia e alterações da motilidade miocárdica, pode assim conduzir à dilatação ventricular e a “miocardiopatia”. O principal recurso terapêutico nos casos em que se desenvolva insuficiência cardíaca, passa pela cessação do consumo.

Enfarte Agudo do Miocárdio:

O EAM após o consumo de cocaína é mais frequente em idades compreendidas entre os 18 e os 45 anos, podendo existir, ou não, evidência angiográfica de doença aterosclerótica coronária na altura do evento isquémico.

Ao aumentar a pressão arterial e a frequência cardíaca, a cocaína leva ao aumento das necessidades de oxigénio pelo miocárdio, efeito este que é dose-dependente e mediado pela estimulação alfa-adrenérgica. Simultaneamente, a cocaína diminui o fornecimento de oxigénio ao miocárdio, através da vasoconstrição coronária. Esta vasoconstrição pode ocorrer em artérias coronárias sem doença aterosclerótica, mas é mais marcada nos segmentos com aterosclerose. Foi demonstrado em consumidores crónicos de cocaína a ocorrência de disfunção endotelial coronária, que parece predispor para uma maior sensibilidade ao efeito vasoconstritor das catecolaminas, aumentando assim a probabilidade de desenvolvimento de isquémia e de enfarte.

Arritmias:

Estes fenómenos ocorrem mais frequentemente em doentes após EAM atribuível ao consumo de cocaína, pela fisiopatologia própria do evento isquémico em si, resultando geralmente em episódios de taquicardia ventricular. Podem no entanto ocorrer em doentes sem isquémia, estando descritas não só taquicardias ventriculares, mas também a ocorrência de *torsades de pointes*, fibrilhação ventricular, ritmos idioventriculares, bloqueio aurículo-ventricular ou assistolia. Nestes doentes ocorre geralmente um prolongamento do intervalo QT, pelo facto da cocaína bloquear os canais de potássio, pelo que os anti-arrítmicos de classe III devem ser usados com precaução.

3.3 Ecstasy

Ecstasy ou MDMA, são apenas dois nomes atribuídos à substância 3,4-metilenedioximetanfetamina. O *ecstasy* é assim um derivado das anfetaminas que tem ganho crescente popularidade nos últimos anos, sendo uma das drogas mais utilizadas pelos estratos etários mais jovens. A crença popular apresenta esta droga como sendo segura, com pouca toxicidade e uma longa duração de ação. No entanto, apresenta um tremendo potencial de abuso e uma toxicidade imprevisível, razão pela qual a avaliação da sua toxicidade cardiovascular se torna premente.

Assim como outras anfetaminas (em particular a dopamina e a noradrenalina), a sua administração resulta na libertação de catecolaminas das vesículas pré-sinápticas. No entanto, uma

vez que é também uma neurotoxina serotoninérgica seletiva, leva a uma libertação maciça de serotonina. O *ecstasy* não só leva a esta libertação de catecolaminas e de serotonina, como também parece inibir a sua recaptação.

Utilizado por desencadear nos seus consumidores sensações de empatia, euforia, e desinibição, esta droga apresenta-se sob a forma de comprimidos, pó ou líquido, sendo a primeira a mais utilizada. Assim, é habitualmente consumida pela via oral, muito embora possa ser fumada, inalada ou injetada. Após o seu consumo pela via oral, tem uma duração de ação de 8 a 24 horas, com uma semi-vida que varia entre as 12 e as 34 horas, dependendo da pureza da droga consumida. Cerca de 75% da droga ingerida é excretada pelo rim na sua forma original, sendo a restante metabolizada no fígado. As doses necessárias para que se verifiquem os efeitos da droga são de 1-2 mg/Kg, sendo que os primeiros efeitos se começam a manifestar em 30-60 minutos, atingindo um pico aos 90 minutos e podendo chegar às 48 horas de ação. A tolerância a esta droga inicia-se rapidamente, o que potencia o seu consumo.

Muito embora os efeitos cardiovasculares sejam o objeto deste estudo, o *ecstasy* apresenta outros efeitos negativos de importância valorizável. Um dos mais relevantes é a hipertermia, habitualmente grave para doses superiores a 4-5mg/Kg. Esta é ainda potenciada pelo facto dos seus utilizadores se encontrarem habitualmente desidratados (pelo consumo de bebidas alcoólicas), e a dançar durante longos períodos de tempo em ambientes pouco ventilados e com temperaturas elevadas.

No que respeita ao sistema cardiovascular, a administração de *ecstasy* resulta numa hiperatividade autonómica dose-dependente, com taquicardia e aumento da pressão arterial. Assim como qualquer anfetamina, o risco de disritmias é sempre uma possibilidade, estando reportadas arritmias fatais após o consumo de *ecstasy*, resultando em fibrilhação ventricular e assistolia. Particularmente susceptíveis estão os consumidores que apresentem patologias cardíacas de base. Desta forma, várias são as patologias cardíacas que se sabe estarem associadas ao consumo de *ecstasy*: hipertensão, arritmias, disseção da aorta, EAM e morte súbita. Como iremos abordar mais adiante, também a doença valvular parece estar associada a este consumo.

Num estudo realizado por Shenouda *et al*, verificou-se que a administração repetida, com períodos de consumo intenso (geralmente ao fim-de-semana) e períodos de abstinência, em ratinhos, resultava em alterações estruturais e funcionais miocárdicas cuja fisiopatologia parece envolver o stress oxidativo. Neste estudo os ratinhos foram monitorizados através de ecocardiografia e monitorização cardíaca invasiva para avaliação funcional hemodinâmica do ventrículo esquerdo, no sentido de avaliar a estrutura ventricular esquerda e a sua função. Aos ratinhos foram administradas 2 doses por dia de 9mg/kg de *ecstasy*, por via endovenosa, durante 4 dias, separadas por 10 dias de abstinência, na tentativa de mimetizar o comportamento humano. A comparação foi feita com o grupo controlo, que recebeu as mesmas injeções, mas de solução salina. As conclusões pareceram promissoras em termos de investigação: verificou-se que este esquema de administração de *ecstasy* resultava em dilatação ventricular esquerda excêntrica

e disfunção diastólica, com diminuição da *compliance* ventricular esquerda. Por outro lado, no que respeita à função sistólica não se verificaram diferenças entre os dois grupos, o que pode refletir a existência de respostas compensatórias para tentar preservar a função sistólica, em consequência da dilatação ventricular esquerda e/ou da disfunção diastólica. A possibilidade de existirem alterações na função sistólica com uma administração mais prolongada é uma questão em aberto. Mas importa perceber porque razão se desenvolve esta dilatação ventricular e disfunção diastólica. Num estudo anterior, avaliou-se através de rádio-telemetria a resposta da pressão arterial e da frequência cardíaca à administração de *ecstasy*. Verificou-se que esta administração (9 mg/Kg) resultava numa resposta bifásica da frequência cardíaca, com bradicardia seguida de taquicardia, com aumento da pressão arterial (cerca de 40 mmHg), durante cerca de 10 minutos. Assim, esta resposta pressora durante um período tão curto de tempo e o facto da pressão arterial média não ter sido alterada, não parecia ser suficiente para levar a alterações hemodinâmicas relevantes que resultassem nas disfunções verificadas. O mecanismo proposto pelos autores baseia-se mais uma vez no stress oxidativo. Várias fontes de radicais livres de oxigénio são propostas, quer seja pela estimulação catecolaminérgica - que pode levar a necrose miocárdica por mecanismos diversos como a isquémia, vasoconstrição coronária ou excesso de cálcio - quer pela própria auto-oxidação das catecolaminas ou a sua degradação pela monoamina-oxidase. A própria disfunção mitocondrial ou o recrutamento e ativação leucocitários podem também dar origem a radicais livres de oxigénio. Assim, vários são os mecanismos pelos quais se podem formar radicais livres de oxigénio, conduzindo potencialmente à cardiotoxicidade verificada neste estudo.

Enfarte Agudo do Miocárdio:

Encontram-se descritas várias situações de EAM após o consumo de *ecstasy*. À semelhança do EAM provocado pela cocaína ou pelas anfetaminas, pensa-se que o principal mecanismo envolvido seja o vasospasmo coronário, considerando-se incerta a participação da formação de trombos.

Num estudo levado a cabo por Gebhard *et al*, avaliou-se a ligação *in vitro* entre o consumo de anfetaminas e a regulação do factor tecidual nas células endoteliais, procurando estabelecer uma relação causal entre esta droga e a formação de trombos no EAM. O factor tecidual constitui um dos principais envolvidos no início da cascata da coagulação e portanto na formação de trombos arteriais, evento central nas síndromes coronárias agudas. Neste estudo concluiu-se que parece haver indução da expressão e ativação do factor tecidual nas células endoteliais, efeito que parece ser mediado pelo receptor D4 de dopamina, a nível transcripcional, levando à ativação de proteínas-cinases ativadas por mitogénios. Curiosamente, esta expressão foi identificada tanto em células quiescentes, como em células endoteliais estimuladas por citocinas, evidenciando que mesmo sem alterações inflamatórias as anfetaminas possam estar envolvidas na formação de trombos. Já em estudos anteriores se tinha verificado que o bloqueio dos receptores D4 em ratinhos prevenia os efeitos estimulantes agudos das anfetaminas.^[21] Muito embora o estudo tenha sido desenvolvido *in vitro*, não deixa de ser um importante dado a ter em conta quando procuramos explicar o mecanismo fisiopatológico através do qual se desenvolvem síndromes coronárias agudas após o consumo de *ecstasy*.

Doença Valvular:

Experiências *in vitro* já demonstraram que o *ecstasy* pode levar à proliferação do “tecido” valvular cardíaco semelhante à verificada com a toma de fenfluramina, através da ativação dos receptores 5-hidroxitriptamina 2B (5-HT2B) podendo também induzir respostas mitogénicas nas células intersticiais das válvulas humanas.

Um dos primeiros casos clínicos que reporta a ligação entre a patologia valvular e o consumo de *ecstasy*, descreve um doente do sexo masculino, de 33 anos, que referia um consumo de vários comprimidos de *ecstasy* por semana, desde os 17 anos e que se apresentou no serviço de urgência com um quadro de dor pré-cordial e dispneia. Em exames complementares de diagnóstico foi detectado bloqueio completo de ramo direito, ligeira dilatação ventricular esquerda e ausência de disfunção sistólica. Associado a estes achados, o doente apresentava ainda estenose mitral moderada-grave com regurgitação mitral grave. Após intervenção cirúrgica e excluída a possibilidade de neoplasia, verificou-se histologicamente que o endocárdio se encontrava fibrosado e espessado. Foram excluídos neste doente quaisquer outros fatores de risco que pudessem levar a esta doença valvular. Este foi o primeiro caso descrito em que parece existir uma relação causal direta entre o consumo de *ecstasy* e a doença valvular cardíaca.

4. CONCLUSÃO

A revisão da literatura no que concerne a estas três drogas recreativas, conduz à conclusão de que parecem realmente existir relações estreitas entre o seu consumo e o desenvolvimento de patologia cardiovascular. Assim os profissionais de saúde devem ser alertados, não só para uma pesquisa ativa de consumos tóxicos em doentes que se apresentem com patologia do foro cardíaco, mas também para a importância de informar os consumidores dos riscos que correm, até com substâncias largamente consideradas inócuas, como a *cannabis*, popularmente consumida exatamente pela (talvez falsa) sensação de segurança.

Será também importante investigar diferentes aspectos relacionados com o tipo de consumo – agudo e crónico - destas drogas, no sentido de aferir mais pormenorizadamente os seus efeitos cardiovasculares, uma vez que a grande maioria dos estudos decorre durante períodos relativamente curtos de tempo e o consumo de substâncias como a cocaína pode ser um consumo ao longo de vários anos da vida de um indivíduo.

Outro aspecto importante a explorar é a avaliação do impacto do consumo do álcool e do tabaco aliado ao consumo destas drogas recreativas. Muitas vezes os consumidores apresentam consumos variados, não só de outras drogas ilícitas, como de “drogas lícitas” como o álcool e o tabaco, que por si só, se apresentam também como fatores de risco no desenvolvimento de patologia cardiovascular.

Não é pois demais acentuar, a grande importância de aprofundar o conhecimento relativamente aos efeitos cardiovasculares das drogas recreativas, na tentativa de fornecer, não só aos profissionais de saúde, como também aos consumidores, informação fidedigna relativamente aos potenciais riscos associados a um “prazer” temporário e fugaz.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

United Nations Office on Drugs and Crime (2013): World Drug Report; 10-15.

European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (2012): National Report (2011 data) to the EMCDDA by the Reitox National Focal Point.

Balsa, C; Vital, C; Urbano, C. (2013): **III Inquérito Nacional ao Consumo de Substâncias Psicoativas na População Portuguesa 2012 – Relatório Preliminar.** Centro de Estudos de Sociologia da Universidade Nova de Lisboa.

Genen, L. (2013): **Cannabis Compound Abuse.** <http://emedicine.medscape.com/article/286661-overview> 2013; (17/09/2013 - 13h06).

Peckman, C; Stetka, B; Vega, C P. (2013): **A Clinician's Guide to Medical Marijuana.** <http://www.medscape.com/features/slideshow/marijuana> (17/09/2013 – 13h04).

Singla, S; Sachdeva, R; Mehta, L J. (2012): **Cannabinoids and Atherosclerotic Coronary heart Disease.** CLIN CARDIOL; 35: 329-335.

Aryana, A; William, M A. (2007): **Marijuana as a trigger of cardiovascular events: Speculation or scientific certainty?** INT J CARDIOL; 118: 141-144.

Nolan, J; Ghuran, A. (2000): **Recreational drug misuse: issues for the cardiologist.** HEART 2000; 83: 627-633.

Mittleman, A.M; Lewis, R A; Maclure, M; Sherwood, J B; Muller, J E. (2001): **Triggering Myocardial Infarction by Marijuana.** Circulation 2001;103: 2805-2809.

Pratap, B; Korniyenko, A. **Toxic Effects of Marijuana on the Cardiovascular System.** CARDIOVASC TOXICOL 2012; 12: 143-148.

Schwartz, B G; Rezkalla, S; Kloner, R A. **Cardiovascular Effects of Cocaine.** CIRCULATION 2010; 122: 2558-2569.

Kloner, R A; Rezkalla, S H. (2003): **Cocaine and the Heart.** NEW ENG J MED; 348:6: 487-488.

Kazimir, M. (2003): **Cocaine-Related Cardiomyopathy.** <http://emedicine.medscape.com/article/152535-overview> 2013 (11/0/2013 – 13h38).

Fan, L; Sawbridge, D; George, V. *et al* (2008): **Chronic Cocaine-Induced Cardiac Oxidative Stress and Mitogen-Activated Protein Kinase Activation: The Role of Nox2 Oxidase.** J PHARMACOL EXP THER 2008; 328: 99-106.

Lange, R A; Hillis, L. D. (2008): **Sudden death in cocaine abusers.** EUR HEART J 2008; 31: 271-273.

Rezkalla, S H; Kloner, R. A. (2007): **Cocaine-Induced Acute Myocardial Infarction.** CLIN MED 2007; 5:3: 172-176.

Hahn, I. **MDMA Toxicity.** <http://emedicine.medscape.com/article/821572-overview#showall> 2013 (07/10/13 – 18h34).

Qasim, A, Townend, J, Davies, M K. (2001): **Ecstasy induced acute myocardial infarction.** HEART 2001; 85: e10.

Shenouda, S K; Lord, K C; McIlwain E; Lucchesi, P A; Varner, K J. (2008): **Ecstasy produces left ventricular dysfunction and oxidative stress in rats.** CARDIOVASC RES 2008; 79: 662-670.

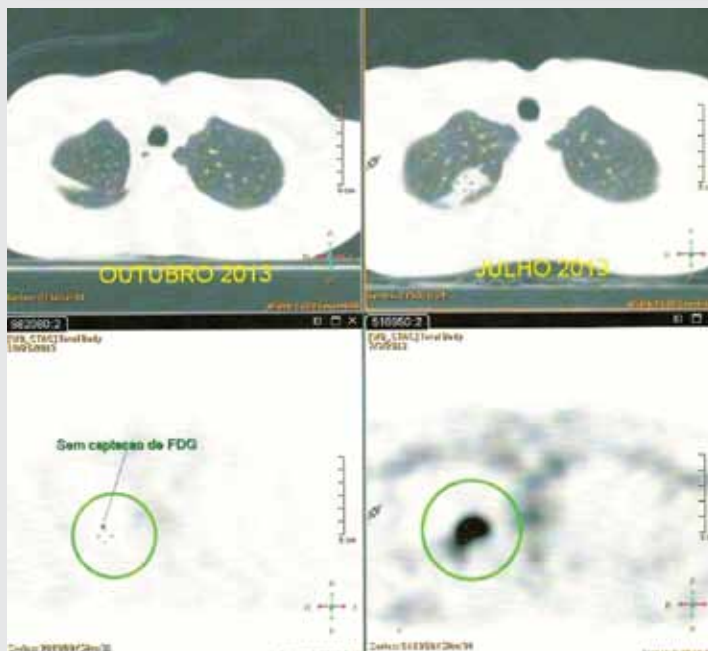
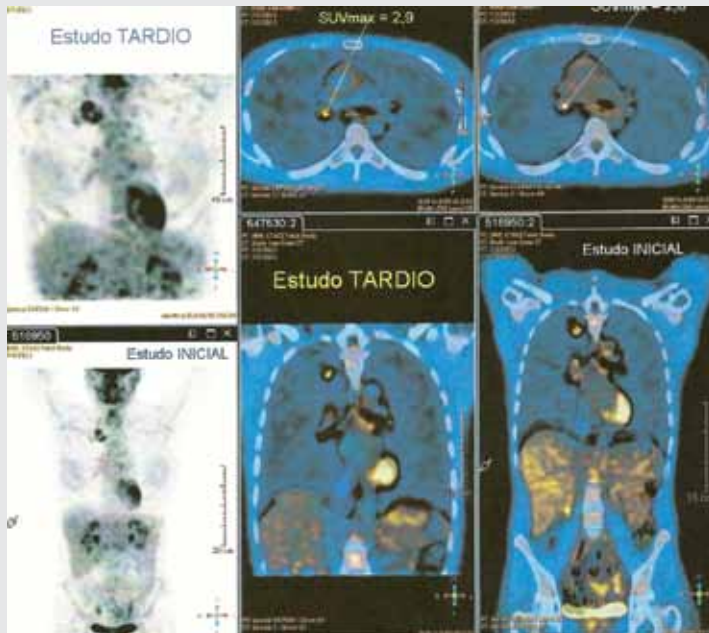
Badon, L A; Hicks, A; Lord K; Ogden, B A; Meleg-Smith, S; Varner, K J. (2002): **Changes in Cardiovascular Responsiveness and Cardio toxicity Elicited during Binge Administration of Ecstasy.** J PHARMACOL EXP THER 2002; 302:3: 898-907.

Gebhard, C; Breitenstein, A; Akhmedov, A *et al* (2010): **Amphetamine induces a novel factor and impairs a novel factor pathway inhibitor: role of dopamine receptor type 4.** EUR HEART J 2010; 31: 1780-1791.

Montastruc, F; Monstastruc, G; Vigreux, P *et al* (2012): **Valvular heart disease in a patient taking 3,4-methylenedioxymethamphetamine (MDMA, "Ecstasy").** BRIT J CLIN PHARMACO 2012; 74:3: 547-548.

Cirurgia Torácica Videoassistida por Porta Única

Um caso de Adenocarcinoma do Pulmão



Autor: Gustavo de Almeida, Alferes Aluno do Mestrado em Medicina
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

Orientador: Professor Doutor Jorge Cruz
Faculdade de Medicina, Universidade de Lisboa

Resumo: O cancro do pulmão é a neoplasia mais comum no Mundo, com cerca de um milhão e oitocentos mil novos diagnósticos por ano. A abordagem terapêutica a um doente com cancro do pulmão depende da histologia do tumor, da extensão da doença, das características específicas do doente e sobretudo de um diagnóstico precoce. A cirurgia é geralmente aceite como o tratamento de escolha em cancro do pulmão em estágio inicial. A ressecção cirúrgica no cancro do pulmão pode ser realizada recorrendo a várias técnicas cirúrgicas. A Cirurgia Torácica Videoassistida (VATS) apresenta-se como o estado da arte em Cirurgia Torácica, sendo normalmente realizada recorrendo a 3 ou 2 incisões. Nos últimos anos surgiu uma técnica que apenas necessita de 1 incisão (Single-Port VATS). Apresenta-se um caso clínico de uma mulher de 47 anos, fumadora ativa, diagnosticada com Cancro do Pulmão de Não Pequenas Células (CPNPC). Neste caso realizou-se uma lobectomia superior direita recorrendo a Single-Port VATS.

Palavras Chave: Cirurgia torácica, cirurgia oncológica, VATS, Single-Port VATS, cancro do pulmão.

Abstract: Lung cancer is the most common cancer in the World, with about one million and eight hundred thousand new diagnoses each year. The therapeutical approach to a patient with lung cancer depends upon the tumor hystology and disease extent, the patient specific characteristics and mostly of a premature diagnosis. Surgery is widely accepted as the treatment of choice in early stage lung cancer. Lung cancer resection can be performed using different surgical techniques. Video-Assisted Thoracic Surgery (VATS) is the state of the art technique in Thoracic Surgery, being usually performed using 3 or 2 incisions. Recently it started being performed using only 1 incision (Single-Port VATS). The presented clinical case refers a 47 year old woman, who was an active smoker diagnosed with resectable early stage Non-Small Cell Lung Cancer (NSCLC). Superior right lobectomy was performed in this case by Single-Port VATS.

1. INTRODUÇÃO

O cancro do pulmão é uma doença do Homem moderno, era praticamente inexistente até ao final do século XIX, mas desde então a sua incidência tem aumentado de forma abrupta, tendo-se tornado a principal causa de morte por neoplasia no Mundo. É o cancro mais comum desde 1985, tanto em termos de incidência como de mortalidade, com cerca de um milhão e oitocentos mil novos diagnósticos por ano e matando quase um milhão e seiscentas mil pessoas por ano. Cerca de 90% dos casos são atribuíveis ao fumo do tabaco, sendo que um fumador ativo tem um risco 20 vezes superior de desenvolver cancro do pulmão que um não fumador. As maiores taxas de incidência são encontradas na Europa Central, de Leste e do Sul, América do Norte e Ásia Oriental. Em Portugal, relativamente à doença oncológica maligna, o cancro do pulmão é atualmente o quarto tipo de cancro com maior taxa de incidência, sendo contudo o com maior taxa de mortalidade oncológica em homens. No nosso país tem-se vindo a observar uma diminuição ténue da taxa de mortalidade por cancro do pulmão no que diz respeito ao sexo masculino, a realidade é contudo diferente, no que respeita ao sexo feminino, com um aumento importante de taxa de mortalidade nos últimos anos e sendo expectável uma manutenção desta tendência. O prognóstico da doença neoplásica do pulmão é bastante sombrio, sendo responsável por cerca de

um quinto das mortes por cancro na Europa. Globalmente a sobrevivência aos 5 anos ronda os 15%, sem perspectivas de melhoria acentuada num futuro próximo.

A estratégia terapêutica mais indicada para o cancro do pulmão depende da histologia tumoral, do estágio em que se encontra, de factores específicos do doente, e principalmente do diagnóstico precoce do cancro do pulmão. Em doentes com CPNPC em estágio inicial (IA-IIIB do Estadiamento do Cancro do Pulmão pelo sistema Tumor Node Metastasis (TNM) da *Union Internationale Contre le Cancer e da American Joint Committee on Cancer* de 2012) a terapêutica cirúrgica mantém-se como a principal abordagem, sendo considerada como a opção terapêutica que proporciona a maior probabilidade de cura. A lobectomia, a ressecção cirúrgica de um único lobo pulmonar, com excisão ganglionar mediastínica é geralmente aceite como a opção mais indicada para a abordagem a doentes com CPNPC em estágio inicial. A ressecção cirúrgica pode ser executada pela técnica mais clássica por toracotomia, ou por toracoscopia, nomeadamente cirurgia torácica videoassistida (VATS). O objectivo deste trabalho consiste em abordar a terapêutica cirúrgica por VATS em doentes com cancro do pulmão, nomeadamente a técnica por porta única (*Single-Port VATS*).

No panorama atual, não há dúvida que a VATS se apresenta como o estado da arte da técnica cirúrgica em cirurgia torácica, a abordagem padrão é feita através de três incisões, sendo também por vezes realizada através de duas, ou quatro. Nos últimos anos surgiu uma técnica que utiliza apenas uma incisão para a realização de VATS, *Single-Port VATS*.

Apresenta-se um caso clínico real de uma doente, fumadora com cerca 30 Unidades Maço/Ano (UMA), recém diagnosticada com CPNPC, histologicamente caracterizada com adenocarcinoma, com doença localizada em estágio inicial, tendo-se procedido a lobectomia superior direita com esvaziamento ganglionar mediastínico por *Single-Port VATS*.

2. CASO CLÍNICO

Doente do sexo feminino, 47 anos, caucasiana, natural e residente em Lisboa. Inicia no final de Junho de 2013 quadro de tosse seca ligeira, sem predomínio horário acompanhada por desconforto torácico com cerca de um mês de evolução. Negava alteração ponderal, febre, sudorese noturna, fadiga ou outra sintomatologia respiratória (nomeadamente dispneia, expectoração, pieira e hemoptises), sintomatologia otorrinolaringológica, gastrointestinal, urinária, episódios de diátese hemorrágica ou infecções recorrentes.

A doente era fumadora ativa de cerca de 30 UMA, não apresentando outros factores de risco para cancro do pulmão, nomeadamente ocupacional ou ambiental. Não apresentava hábitos etanólicos, toxicológicos ou medicamentosos. Refere não ter tido internamentos prévios ou doenças sistémicas prévias. Não apresentava antecedentes familiares relevantes, nomeadamente de doença oncológica. Desconhecia contacto prévio com doentes com tuberculose ou portadores de infecção pelo Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV) ou outras doenças

infecto-contagiosas. Negava contacto recente com animais ou viagens recentes, quer para o estrangeiro quer a áreas rurais.

Ao exame objectivo apresentava-se lúcida, vígil, colaborante, orientada no tempo e no espaço. Pulso radial 65 batimentos por minuto, amplo rítmico, regular e simétrico. Pele e mucosas coradas e hidratadas, anictérica, a doente encontrava-se apirética, eupneica e hemodinamicamente estável. Ao exame torácico apresentava-se eupneica, com respiração de tipo tóraco-abdominal, sem sinais de dificuldade respiratória, sem massas visíveis. À palpação, o tórax, era equimóvel e equirresistente, sem alteração das vibrações vocais, sem frémitos, à percussão apresentava som claro pulmonar mantido, sem zonas de macicez. À auscultação cardíaca os sons cardíacos eram audíveis, rítmicos e não se auscultavam sopros ou extra-sons, à auscultação pulmonar revelava murmúrio vesicular mantido e simétrico em todos os campos pulmonares, sem ruídos adventícios. À palpação abdominal, o abdómen encontrava-se mole e depressível, não doloroso, sem massas ou organomegalias palpáveis. Não apresentava também qualquer adenomegalia à palpação das cadeias linfáticas. Ao exame neurológico apresentava pupilas isocóricas e isorreactivas, sem nistagmo, sem alterações dos movimentos oculares, mímica facial conservada, fala e linguagem normais, com força e sensibilidades mantidas e simétricas, com reflexo cutâneo-plantar flexor em ambos os pés e sem alterações aparentes na marcha. Foi-lhe então pedida uma radiografia do tórax e análises laboratoriais para ajudar a esclarecer o quadro.

Dos exames realizados há a destacar análises laboratoriais: hemograma completo com plaquetas, leucograma, bioquímica, provas hepáticas, electroforese das proteínas séricas, hormonas tiroideias, provas de função renal e urina II, ionograma sem alterações. Radiografia de tórax: Nódulo periférico do lobo superior do pulmão direito com cerca de 3-4cm de maior diâmetro, com bordos irregulares, sem outras alterações relevantes.

Devido à história de tabagismo, e ao aspecto radiográfico da lesão considerou-se que a doente apresentava um risco moderado/elevado de neoplasia e decidiu-se realizar uma Tomografia Computorizada (TC) de tórax para melhor avaliação da lesão, bem como para avaliar a existência de outros focos de doença. Essa TC-Torácica revelou: identifica-se no segmento posterior do lobo superior direito, uma área de condensação parenquimatosa, periférica, no seio do qual existem imagens quísticas, tortuosas compatíveis com bronquiectasias cilíndricas. Esta área de condensação apresenta aspecto ligeiramente retráctil, merecendo integração em contexto clínico e laboratorial. Não são observáveis outras condensações parenquimatosas ou lesões nodulares. Na avaliação mediastínica não se observa tradução de adenopatias mediastínicas, hilares ou axilares. Coexistem bilateralmente, de forma dispersa e com predominio nos lobos superiores, bolhas de enfisema centrilobular. Não se identifica derrame ou espessamento pleural bilateralmente.

A doente foi então encaminhada para Cirurgia Torácica, tendo-se decidido que era relevante a doente realizar uma *18F-Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography* (FDG-PET) combinada com TC para avaliar a avidéz da lesão para o radiofármaco, bem como para identificar

outros possíveis focos de doença com avidéz aumentada. O resultado da FDG-PET TC de corpo inteiro e cerebral revelou: A lesão solitária do lobo superior do pulmão direito é intensamente ávida para o radiofármaco FDG. Não existem outros focos de doença ávida para FDG, nem a nível locorregional nem à distância. O estadiamento proposto da doença foi, segundo a 7ª edição do TNM da AJCC, T2a N0 M0, enquadrando-se no estágio IB.

Após discussão com a doente sobre qual a estratégia a seguir e sobre os riscos e benefícios das possíveis abordagens decidiu-se que a abordagem mais vantajosa seria por cirurgia com exame extemporâneo. Foi então proposto à doente a ressecção cirúrgica da lesão por Single-Port VATS, que consistiria em lobectomia superior direita com esvaziamento ganglionar mediastínico, proposta que foi prontamente aceite.

Da bateria de exames pré-cirúrgicos há a ressaltar: Gasimetria de sangue arterial e ar ambiente sem alterações significativas; Electrocardiograma (ECG), ritmo sinusal 65 batimentos por minuto; Ecocardiograma sem alterações; Provas de função respiratória, obstrução brônquica e bronquiolar ligeira, com hiperinsuflação pulmonar e resistência das vias aéreas de grande calibre aumentadas. Difusão pulmonar com diminuição moderada. Prova com resposta negativa ao broncodilatador inalado, mas com melhoria nas resistências das vias aéreas.

A cirurgia realizou-se 11 dias após o contacto inicial com a doente e decorreu segundo o protocolo definido. Foi feito exame extemporâneo da lesão que estabeleceu o seguinte: Neoplasia do pulmão identificada em segmento com 7cmx2cmx1cm com características microscópicas de Adenocarcinoma.

Tendo-se completado a lobectomia superior direita e o esvaziamento ganglionar mediastínico. O relatório anatomopatológico da peça operatória composta pelo lobo superior do pulmão direito e gânglios mediastínicos refere o seguinte: Peça de lobectomia pulmonar superior direita com 132g e 13,5cm x 10cm x 3cm com zona que corresponde a nódulo previamente seccionado, branco acinzentado, de limites mal definidos com 3cm de maior eixo, dista 2cm do coto brônquico, restante parênquima sem particularidades; Gânglio R4 (cadeia para-traqueal inferior), gânglio de tipo reativo, sem metástases, não se identificam outros gânglios com alterações relevantes.

Com base no resultado do exame de anatomia patológica considera-se o reestadiamento pós-cirúrgico da doença, segundo a 7ª edição do TNM da AJCC, para pT1bN0M0 que corresponde ao estágio IA, tendo sido ainda estabelecida a histologia da lesão como sendo Adenocarcinoma.

O período pós-operatório decorreu sem dor ou qualquer outra queixa por parte da doente, tendo apenas ocorrido como complicação um pequeno pneumotorax apical direito que não motivou qualquer intervenção. Quarto dias após a cirurgia a doente regressou a casa sem qualquer limitação funcional, tendo sido novamente observada 8 dias depois, não apresentando qualquer queixa sintomatológica.

Realizou reavaliação por FDG-PET TC de corpo inteiro 3 meses após a cirurgia cujo relatório refere: As imagens não revelam quaisquer focos de captação anormal e intensa de FDG nos segmentos corporais estudados, nomeadamente no parênquima pulmonar. Estudo sem evidência imagiológica de doença metabolicamente ativa e ávida para FDG.

Atualmente a doente é seguida em consulta de Cirurgia Torácica realizando TC periódicas com 3 meses de intervalo não apresentando qualquer recidiva ou outro indício de lesão.

3. DISCUSSÃO

3.1 Cancro do Pulmão – Clínica e Diagnóstico

A maioria dos doentes com cancro do pulmão quando apresenta sinais e sintomas de doença, encontra-se já num estágio de doença localmente avançada ou disseminada. Entre os sinais e sintomas mais comumente identificados estão tosse, dor torácica, dispneia, hemoptises, sibilos, disфонia, infecções respiratórias de repetição, envolvendo repetidamente o mesmo segmento da árvore brônquica, perda ponderal e cansaço. Em estádios iniciais é também frequente os doentes serem detectados “acidentalmente” por apresentarem uma radiografia de tórax, feita normalmente por rotina ou qualquer outra razão, com alterações sugestivas, nomeadamente nódulo, massa ou infiltrado pulmonar, alargamento mediastínico, atelectasias, derrame pleural.

A confirmação do diagnóstico é fundamental e para isso a definição tipo histológico é imprescindível. Do tipo histológico depende a estratégia a seguir no estadiamento da doença, a definição de qual a opção terapêutica mais indicada, e o próprio prognóstico. A Organização Mundial de Saúde reconhece, segundo a sua classificação para neoplasia primária do pulmão, quatro tipos histológicos principais: O adenocarcinoma, o carcinoma epidermóide, ou de células escamosas e o carcinoma de grandes células formam o grupo do Cancro do Pulmão de Não Pequenas Células (CPNPC), destacando-se ainda o grupo do Cancro do Pulmão de Pequenas Células (CPPC). Há ainda contudo uma percentagem de CPNPC não classificáveis e outros tipos mistos ou não especificáveis.

No nosso país, tal como na maioria dos restantes países desenvolvidos, o CPPC é muito menos frequente (13.9%) que o CPNPC, dentro deste o adenocarcinoma é atualmente o tipo histológico mais frequente (37.5%), seguido do carcinoma epidermóide (30.5%), e do carcinoma de grandes células (2.3%), os carcinomas do pulmão de não pequenas células não especificados contribuem também com uma margem significativa (10.5%), sendo os restantes casos (15.3%) compostos por tipos mistos, outros ou tipos não especificados.

3.2 Cancro do Pulmão – Estadiamento

O estadiamento é crucial, uma vez que é a forma mais efetiva de identificar doença potencialmente curável. Recentemente foi elaborada uma nova revisão ao sistema de estadiamento

TNM pela *International Association for the Study of Lung Cancer*. O tratamento mais indicado para o cancro do pulmão depende da histologia tumoral, principalmente CPPC versus CPNPC, do estágio em que se encontra, e de factores específicos do doente, nomeadamente idade, função pulmonar basal, entre outras comorbilidades e antecedentes pessoais.

Uma grande percentagem dos doentes recém-diagnosticados em Portugal já se encontra num estágio avançado da sua doença (76.8% em IIIB/IV segundo o estadiamento TNM), não tendo consequentemente indicação para tratamento com intenção curativa. Contudo em casos de cancro do pulmão de não pequenas células com doença localizada, a terapêutica cirúrgica mantém-se como a única abordagem com intuito curativo, sendo a abordagem padrão caso não haja contraindicações.

A diferença de outcome entre doentes com cancro do pulmão não pequenas células em estágio inicial (IA-IIIB segundo o estadiamento TNM) que foram sujeitos a cirurgia com intuito curativo, com ressecção completa das lesões, e os que não foram sujeitos a qualquer tipo de intervenção cirúrgica é notória, com cerca de 60-80% de taxa de sobrevivência aos 5 anos nos doentes sujeitos a cirurgia sendo que apenas cerca de 20% dos que não foram sujeitos a qualquer tipo de cirurgia sobrevive após 5 anos do diagnóstico.

3.3 Cirurgia no CPNPC estágio inicial – da toracotomia à *Single-Port VATS*

A ressecção cirúrgica com intuito curativo tem sido considerada como a opção terapêutica que proporciona a maior probabilidade de cura, em casos de doença localizada em estágio inicial. Em Portugal cerca de 8.2-16.9% das terapêuticas efetuadas em doentes com cancro do pulmão se referem respectivamente a terapêutica cirúrgica ou terapêutica cirúrgica associada a outras terapêuticas adjuvantes, nomeadamente quimioterapia ou radioterapia.

Existem diversos procedimentos cirúrgicos no arsenal de um Cirurgião Torácico com o objectivo de realizar terapêutica para o cancro do pulmão. A lobectomia é geralmente aceite como a opção mais indicada para a abordagem a doentes com CPNPC em estágio inicial. Esta técnica proporciona uma maior preservação da função pulmonar, sendo por isso a técnica utilizada mais frequentemente, devendo ser sempre acompanhada de esvaziamento ganglionar mediastínico. Conforme a indicação e estratégia clínica pode-se recorrer a pneumectomia, ressecção sublobar, marginal e segmentar, ressecção bronco-angioplástica, cirurgia de redução de volume pulmonar e excisão nodular intraoperatória.

A ressecção cirúrgica pode ser executada pela técnica mais clássica, por toracotomia, ou por toracoscopia, nomeadamente cirurgia torácica videoassistida (VATS). A lobectomia por VATS é definida, segundo a *Cancer and Leukemia Group B* (CALGB), como a dissecação individual de veias, artérias e brônquios pulmonares lobares, juntamente com linfadenectomia mediastínica, utilizando uma abordagem videotoracoscópica e envolvendo 2 a 4 incisões cirúrgica sem necessidade de colocação de afastador de costelas. Vários estudos demonstraram os benefícios da cirurgia VATS e concluem que, em doentes corretamente selecionados, esta técnica cirúrgica está mais indicada e apresenta mais benefícios que a toracotomia clássica.

Comparada à toracotomia, a VATS permite que a cirurgia seja realizada recorrendo a uma incisão mais pequena, sem remoção ou estiramento da grelha costal, poupando os músculos respiratórios de lesão e também conservando melhor a capacidade funcional respiratória. A VATS apresenta claros benefícios uma vez que leva a menos complicações no decorrer e após da cirurgia (nomeadamente menos atelectasias e infecções), menor incidência de arritmias, condicionando menor morbidade. Notavelmente apresenta uma menor resposta inflamatória, com valores mais baixos de proteína C reativa, níveis pós-operatórios mais baixos de interleucina 6 e 8, bem como de elastase polimorfonuclear. Foram documentadas menos hemorragias intra-operatórias e conseqüentemente necessidade de menos transfusões sanguíneas, e menos episódios com necessidade de reintubação, sendo o dreno removido mais precocemente e o tempo de hospitalização mais curto. Vários centros reportam um grau menor de dor no período pós-operatório, bem como menos consumo de analgésicos. Globalmente a recuperação é mais rápida, com necessidade de menos dias de internamento, o doente apresenta maior capacidade de expectorar, protegendo assim a via aérea de possíveis infecções. Em doentes selecionados, a VATS mantém ainda as taxas de sobrevivência a 5 anos em valores semelhantes aos da cirurgia tradicional por toracotomia. Esta modalidade terapêutica permite ainda um resultado cosmético mais apelativo.

No que respeita ao futuro da cirurgia torácica, a cirurgia videoassistida apresenta-se como uma certeza. A VATS é uma abordagem minimamente invasiva, a técnica, permite a replicação com incisões e instrumentos sub-centimétricos, das técnicas tradicionalmente realizadas pelos cirurgiões torácicos através de toracotomia. Atualmente é possível realizar ressecções pulmonares completas ou parciais, timectomias, e intervenções na parede torácica e esófago, entre outras, de forma segura e eficiente utilizando cirurgia videoassistida.

Contudo, e tendo em conta todos os seus benefícios, há ainda muito pouca adesão à VATS no tratamento do cancro do pulmão. Por exemplo no Reino Unido cerca de 69% das cirurgias realizadas, em doentes com cancro do pulmão, com intuito curativo são lobectomias, sendo apenas 2% destas realizadas por VATS, em França menos de 1% das lobectomias são realizadas por VATS, sendo que na Europa menos de 10% dos centros académicos possuem valências para realizar esta técnica.

Um dos principais problemas apontados à técnica está relacionado com a eventual diminuição da eficácia oncológica da ressecção efectuada por esta. Contudo, e apesar de não existirem ainda grandes ensaios randomizados comparando as ressecções por cirurgia videoassistida e ressecções por toracotomia, surgem cada vez mais evidências de que o procedimento é, no mínimo, igualmente efetivo em termos de ressecção oncológica em doentes selecionados, sendo que alguns estudos demonstram inclusivamente eficácia oncológica superior. Em termos de taxa de sobrevivência apresenta também resultados sobreponíveis à abordagem por toracotomia. A lesão da parede torácica e dos plexos nervosos desta são outra das principais limitações apontadas. Mais de 50% dos doentes intervencionados por VATS apresentava queixas de dor e parestesias da parede torácica associada aos locais das incisões, no pós-operatório.

3.4 *Single-Port VATS*

De forma superar os aspectos negativos condicionados pela VATS, foi desenvolvida uma derivação da técnica convencional, utilizando menos incisões para introduzir instrumentos e realizar os procedimentos.

A técnica realizada por porta única abrange os mesmos princípios que a VATS “clássica”. Diversos estudos demonstram as vantagens da realização de *Single-Port VATS* em relação à técnica por múltiplas portas, nomeadamente no que diz respeito à diminuição da dor e das parestesias no período pós-operatório precoce.

Uma outra vantagem da *Single-Port VATS*, em relação à cirurgia realizada por três portas, prende-se com as características geométricas da própria técnica. A abordagem à lesão alvo que esta técnica permite é muito mais semelhante à abordagem que o cirurgião utilizaria numa toracotomia clássica, uma vez que permite que a visualização da própria lesão aconteça segundo o mesmo eixo (33). Mesmo os instrumentos utilizados mimetizam a manipulação que é feita numa toracotomia, sendo que a abordagem à lesão preserva a profundidade da visualização intratorácica.

Em doentes com CPNPC em estágio inicial, com doença localizada, está indicada a realização de VATS oncológicamente equivalente a uma lobectomia por toracotomia, isto é ressecção completa da lesão com linfadenectomia mediastínica completa. A *Single-Port VATS* é uma técnica exequível, com outcome perioperatório semelhante à VATS convencional com múltiplas incisões, revelando-se uma alternativa viável. A técnica por porta única não está apenas indicada em estádios iniciais, ou lesões de acesso mais fácil, desde que o cirurgião seja experiente e tenha proficiência na execução da técnica, os casos mais complexos também podem ser abordados. O caso clínico apresentado refere-se a uma doente de 48 anos, fumadora com cerca de 30 Unidades Maço Ano, recém diagnosticada com neoplasia pulmonar, histologicamente caracterizada por CPNPC (Adenocarcinoma), com doença localizada, ressecável, em estágio inicial IB, tendo sido realizada lobectomia superior direita e esvaziamento ganglionar mediastínico por *Single-Port VATS* e com reestadiamento IA, por exame de anatomopatológico da peça operatória.

A cirurgia por porta única faz parte do dia-a-dia de diversos blocos operatórios, especialmente nos campos da cirurgia colorrectal e ginecológica. No âmbito da cirurgia torácica iniciou-se nos anos 90 o capítulo da cirurgia videoassistida, contudo apenas foi descrita em 2004, com uma técnica pioneira, a *Single-Port VATS* começou a ser utilizada em procedimentos diagnósticos e terapêuticos, nomeadamente as primeiras ressecções pulmonares em cunha. Somente em 2010 e 2012-2013 foram realizadas e descritas as primeiras lobectomias e pneumonectomias, respectivamente, recorrendo à *Single-Port VATS*. Desde então cada vez mais cirurgiões se dedicam a aperfeiçoar a técnica e expandir as suas possibilidades de aplicação, tornando esta técnica numa mais valia no arsenal do cirurgião torácico. Anteve-se ainda um grande potencial de desenvolvimento, à medida que novos instrumentos são desenhados especificamente para esta abordagem, possibilitando que esta se torne na técnica minimamente invasiva de escolha para procedimentos em cirurgia torácica, e mais concretamente na ressecção de massas e tumores pulmonares.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baltayiannis N., Chandrinou M., et al. Lung cancer surgery: an up to date. **Journal of Thoracic Disease** 2013; 5(4):425-439.
- Dela Cruz C., Tanoue L., and Matthay R. Lung Cancer (2011): **Epidemiology, Etiology, and Prevention. Clinical Chest Medicine**; 32(4):10.1016.
- Globocan Fact Sheets by Cancer**, Accessed Web. 1 Mar. 2014 <http://globocan.iarc.fr/Pages/fact_sheets_cancer.aspx?cancer=lung>.
- Parsons A., Daley A., et al (2010): **Influence of smoking cessation after diagnosis of early stage lung cancer on prognosis: systematic review of observational studies with meta-analysis**. *BMJ* 2010; 340:b5569.
- Chambers S., Dunn J., et al (2012): **A systematic review of the impact of stigma and nihilism on lung cancer outcomes**. *BMC Cancer*; 12:184.
- Miranda N., et al (2013): **Portugal – Doenças Oncológicas em Números 2013**.
- Alves L., Bastos J., and Lunet N. 2009): **Evolução da mortalidade por cancro do pulmão em Portugal (1955-2005)**. *Revista Portuguesa de Pneumologia*; 15(4):575-587.
- Parente B., Queiroga H., et al (2007): **Estudo epidemiológico do cancro do pulmão em Portugal nos anos de 2000/2002**. *Revista Portuguesa de Pneumologia*; 13(2):255-265.
- Guo Z., Shao W., et al (2014): **Analysis of feasibility and safety of complete video-assisted thoracoscopic resection of anatomic pulmonary segments under non-intubated anesthesia**. *Journal of Thoracic Disease*; 6(1):37-44.
- Manser R., Wright G., et al (2005): **Surgery for local and locally advanced non-small cell lung cancer (Review)**. *The Cochrane Library*; 1.
- Bryan A., Shawn S., et al (2008): **Surgery for Early Stage Non-Small Cell Lung Cancer: A Systematic Review of the Video-Assisted Thoracoscopic Surgery Versus Thoracotomy Approaches to Lobectomy**. *Annals of Thoracic Surgery*; 86:2008-2018.
- Rocco G. **VATS and Uniportal VATS (2013): a glimpse into the future**. *Journal of Thoracic Disease* 2013; 5(S3):174.
- Gonzalez-Rivas D., Paradelo M., et al (2011): **Single-incision video-assisted thoracoscopic lobectomy: Initial results**. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*; 143(3): 745-747.
- Gonzalez-Rivas D., Fieira E., et al (2013): **Uniportal video-assisted thoracoscopic lobectomy**. *Journal of Thoracic Disease*; 5(S3):234-245.
- Hyde L., and Hyde C (1974): **Clinical Manifestations of Lung Cancer**. *Chest Journal*; 65(3):299-306
- Spiro S., Gould M., and Colice G (2007): **Initial Evaluation of the Patient With Lung Cancer: Symptoms, Signs, Laboratory Tests, and Paraneoplastic Syndromes**. *Chest Journal* 2007; 132(3):149-160.
- Ost D., and Fein A. (2008): **The Solitary Pulmonary Nodule: A Systematic Approach**. In: **Fishman A., Fishman's Pulmonary Diseases and Disorders**. 4th Ed. Vol. 2. McGraw-Hill Professional Publishing; 1815-1831.
- National Collaborating Centre for Cancer (UK) (2011): **The Diagnosis and Treatment of Lung Cancer (Update)**. National Institute for Health and Clinical Excellence.
- Gonzalez-Rivas D. (2012): **VATS Lobectomy: Surgical Evolution from Conventional VATS to Uniportal Approach**. *The Scientific World Journal*; 780842.
- Swanson S., Herndon II J., et al (2007): **Video-Assisted Thoracic Surgery Lobectomy: Report of CALGB 39802-A Prospective , Multi-Institution Feasibility Study**. *Journal of Clinical Oncology*; 25(31):4993-4997.
- Fragoso E., Cruz J., et al (2010): **Cirurgia torácica minimamente invasiva. Experiência de 15 anos**. *Revista Portuguesa de Cirurgia Cardio-Torácica e Vascular*; 17(1):13-19.
- Paul S., Altorki N., et al (2010): **Thoracoscopic lobectomy is associated with lower morbidity than open lobectomy: A propensity-matched analysis from the STS database**. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*; 139(2):366-378.
- Yim A., Wan S., et al (2000): **VATS lobectomy reduces cytokine responses compared with conventional surgery**. *Annals of Thoracic Surgery*; 70:243-247.
- Liang Z., Chen J., et al (2013): **Video-assisted thoracoscopic pneumectomy: the anterior approach**. *Journal of Thoracic Disease*; 5(6):855-861.

- Whitson B., Andrade R., et al (2007): **Video-Assiste Thoracoscopic Surgery is More Favorable Than Thoracotomy for Resection of Clinical Stage I Non-Small Cell Lung Cancer.** *Annals of Thoracic Surgery*; 83:1965-1970.
- Miyazaki T., Sakai T., et al (2011): **Assesment and follow-up of intercostal nerve damage after video-assisted thoracic surgery.** *European Journal of Cardiothoracic Surgery*; 39:1033-1039.
- Flores R., Park B., et al (2009): **Lobectomy by video-assisted thoracic surgery (VATS) versus thoracotomy for lung cancer.** *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*; 138:11-18.
- Sugi K., Kaneda Y., et al (2000): **Video-assisted thoracoscopic lobectomy achieves a satisfactory long-term prognosis in patients with clinical stage I A lung cancer.** *World Journal of Surgery*; 24:27-30.
- Marty-Ané C., Canaud L., et al (2013): **Video-assisted thoracoscopic lobectomy: an unavoidable trend? A retrospective single-institution series of 410 cases.** *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*; 17:36-43.
- Daniels L., Balderson S., et al (2002): **Thoracoscopic Lobectomy: A Safe and Effective Strategy for Patients With Stage I Lung Cancer.** *Annals of Thoracic Surgery*; 74:860-864.
- Cao C., Manganas C., et al (2012): **A meta-analysis of unmatched and matched patients comparing video-assisted thoracoscopic lobectomy and conventional open lobectomy.** *Annals of Cardiothoracic Surgery*; 1(1):16-23.
- Tamura M., Shimizu Y., and Hashizume Y. (2013): **Pain following thoracoscopic surgery: retrospective analysis between single-incision and three-port video-assisted thoracoscopic surgery.** *Journal of Cardiothoracic Surgery*; 8(1):153.
- Bertolaccini L., Rocco G., et al (2013): **Geometrical characteristics of uniportal VATS.** *Journal of Thoracic Disease*; 5(3):214-216.
- Chen C., Chang H., et al (2012): **Single-port thoracoscopic surgery can be a first-line approach for elective thoracoscopic surgery.** *Revista Portuguesa de Pneumologia*; 18(6):278-284.
- Liu C., Lin C., et al (2014): **Single-port video-assisted thoracoscopic surgery for lung cancer.** *Journal of Thoracic Disease*; 6(1):14-21.
- Rocco G., Martin-Ucar A., and Passera E. (2004): **Uniportal VATS Wedge Pulmonary Resections.** *Annals of Thoracic Surgery*; 77:726-728.
- Rocco G. (2012): **One-port (uniportal) video-assisted thoracic surgical resections-A clear advance.** *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*; 144:27-31.

Áreas de Segurança para Manutenção e Manuseamento de Explosivos e Munições



Autoras:

Juliana Faria, Tenente Aluna do Curso de Licenciatura de Tecnologias Militares Aeronáuticas na Especialidade de Armamento e Equipamentos de Voo e Sobrevivência

Ana Mendes, Aspirante Aluna do Curso de Licenciatura de Tecnologias Militares Aeronáuticas na Especialidade de Armamento e Equipamentos de Voo e Sobrevivência
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra

Orientadores:

António Henriques, Major Técnico de Manutenção de Armamento e Equipamento

Bento Matos, Sargento-Chefe Mecânico de Armamento e Equipamento
Repartição de Armamento, Direção de Manutenção de Sistemas de Armas, Força Aérea Portuguesa

Resumo. No cumprimento da sua missão, a Força Aérea Portuguesa (FAP) tem necessidade de assegurar condições de segurança nas operações que envolvam matérias perigosas, mais concretamente, operações de estacionamento de aeronaves que transportam mercadorias perigosas e operações de estacionamento de aeronaves de combate, armadas, em situação de *Live Weapons Emergency Procedures* (LWEP). Estas duas distintas operações devem obedecer a elevados padrões de segurança, sendo que, um dos fatores primordiais para atingir esse objetivo é a medição do risco que lhe está associado. A métrica de quantificação do risco recai na consequência mais perniciosa que decorre direta e indiretamente dos efeitos da explosão, que é a mortalidade.

O presente artigo, após a seleção da medida do risco, desenvolve uma metodologia de cálculo do risco. Sendo que a avaliação do risco pressupõe, primariamente, a verificação das distâncias QD (*Quantity Distance*) e só após a conclusão de que as mesmas não são possíveis de cumprir, se deve prosseguir com a quantificação do risco. Seguido deste cálculo importa, ainda, conhecer os critérios de aceitabilidade adotados. O artigo culmina com uma aplicação prática na Base Aérea nº5, onde foi efetuada a avaliação do risco das duas diferentes situações de estacionamento mencionadas.

Palavras-chave: Aeronaves, estacionamento, matéria explosiva, LWEP, avaliação, risco.

1. INTRODUÇÃO

A missão das instituições militares acarreta riscos, a que lhe está associada a necessidade de assegurar condições de segurança a todos os níveis de operação. As Forças Armadas (FFAA) têm a seu cargo a responsabilidade de manusear, transportar e armazenar as suas munições e explosivos, e tal como referiu o Tenente-Coronel Oliveira Pinto (1960) é preciso ter sempre em mente que num lugar onde há substâncias explosivas pode haver uma explosão inesperada.

Por outro lado, o conceito de segurança não é de modo algum um conceito estático ou imutável, antes pelo contrário, o desenvolvimento e a evolução contínua são o paradigma neste domínio. No que concerne a substâncias explosivas e munições, existem imensos desenvolvimentos na área da segurança e os militares da FAP, por via das normas internacionais adotadas e ratificadas pelo Estado Português, têm plena consciência da premência e da importância que tem a melhoria contínua nesta área da segurança. Contudo, realça-se que não é apenas pela natureza obrigatória das referidas normas que essa melhoria é impulsionada, o principal impulso advém de uma cultura institucional, entretanto bastante desenvolvida e visível na FAP, que nunca perdendo o foco na necessidade de cumprir a missão não deixa de tentar antecipar e mitigar possíveis falhas ou contingências, visando acima de tudo cumprir com o menor custo possível.

É pacífico o entendimento de que é possível mitigar o risco, contudo, é impossível eliminar o perigo. Porém, para que se adotem medidas adequadas de mitigação do risco é necessário, previamente, quantificar o risco inicial, bem como, o risco residual. É nesse sentido que se torna fundamental desenvolver ferramentas adequadas para medir o risco.

Neste trabalho em particular, a necessidade de conceber uma ferramenta de quantificação do risco teve origem na necessidade de compreender o risco associado às operações de estacionamento de aeronaves que transportam explosivos e munições, e, de aeronaves de combate armadas em situação de *Live Weapons Emergency Procedures* (LWEP).

2. A AVALIAÇÃO DO RISCO COMO QUESTÃO ESSENCIAL

O estudo das áreas de segurança para o estacionamento de aeronaves de carga que transportam explosivos e munições, e, as áreas de segurança para o estacionamento de aeronaves de combate em LWEP, são dois assuntos que, embora aparentemente afins, apresentavam diferenças significativas, tornando-se necessário analisar cada uma das situações à luz de determinados fatores, tais como as características da matéria explosiva, a massa líquida de explosivo envolvida, o acondicionamento da matéria explosiva, a situação da aeronave (emergência ou não), se a cadeia explosiva se encontra ou não alinhada, o local de estacionamento da aeronave e as distâncias de segurança.

O tratamento conjunto destes dois assuntos implica pois descobrir-lhes o que têm de essencial e que seja simultaneamente comum, e a sua abordagem só poderá ser bem-sucedida e ter utilidade científica se for feita do ponto de vista da avaliação do risco que estas atividades comportam, melhor dizendo, centrando todos os esforços e labor no objetivo de conceber uma metodologia para avaliar o risco inerente a estas ou outras quaisquer operações com explosivos e munições.

2.1. Aeronaves de carga que transportam matéria explosiva

Na literatura técnica, designadamente nas referências bibliográficas utilizadas neste artigo, é pacífico o entendimento de que quando ocorre o transporte de explosivos e munições numa aeronave de carga e esta está estacionada, se está perante uma situação temporária de um PES (*Potencial Explosion Site*). Importa sublinhar que no caso do tipo de estacionamento referido em título deste ponto, o transporte da matéria explosiva é feito tendo como pressuposto que toda a matéria em questão se encontra devidamente acondicionada em embalagens certificadas, segregada de acordo com as regras de compatibilidade e sem qualquer cadeia explosiva alinhada.

2.2. Aeronaves em LWEP

Um dos fatores que tornam as aeronaves em LWEP uma situação tão específica é o facto de as mesmas, não só estarem em situação de emergência, como, também, estarem municiadas com explosivos e munições que têm a cadeia explosiva constituída – alinhada ou não, conforme as circunstâncias. Releva-se que, por si só, o armamento com cadeia explosiva constituída aumenta os fatores do risco no estacionamento de aeronaves.

No seguimento da aplicação prática efetuada na BA5, encontram-se tipificados no MBA5 330-1 (F) os motivos que originam uma situação de LWEP para a aeronave .

3. CLASSIFICAÇÃO DE MATÉRIAS EXPLOSIVAS

De forma a garantir a segurança na armazenagem e transporte de mercadorias perigosas foi estabelecido um sistema internacional de classificação. O sistema consiste em nove classes, entre as quais a classe 1 que compreende explosivos e munições. Por sua vez, a classe 1 divide-se em seis divisões de risco, em que a divisão de risco indica qual o perigo preponderante em caso de iniciação.

Segundo o AASTP-3 (2005, p.18) é possível classificar a compatibilidade de matérias explosivas para efeitos de armazenagem, seguindo alguns princípios, p. ex., os explosivos e munições são considerados compatíveis se os mesmos poderem ser armazenados ou transportados em conjunto, sem que assim aumente de forma significativa, tanto a probabilidade de ocorrência de um acidente a partir de uma determinada quantidade, como a magnitude dos efeitos decorridos do mesmo.

Para a identificação do perigo e cumprimento das regras de compatibilidade dos explosivos é utilizado um código de classificação que tem aplicação prática na rotulagem, armazenagem, formulação da documentação de transporte e na implementação das demais normas de segurança (AASTP-3, 2005, p.21).

3.1. O conceito de distância reduzida

Ainda no âmbito da classificação de matérias explosivas interessa reter o conceito de distância reduzida (*scaled distance*). Este conceito baseia-se na ideia de a sobrepressão produzida por uma explosão ser o resultado entre a massa líquida do explosivo que entrou em iniciação e a distância real em relação ao local em que ocorreu a explosão. Aliás no AASTP-1 (2010, p. I-3-37) constam tabelas que relacionam precisamente a distância reduzida com o valor do pico de sobrepressão correspondente. A relação entre a distância real e a massa líquida de explosivo é captada por modelos matemáticos, designados de fórmulas quantidade-distância. É com base nas fórmulas quantidade-distância que são calculadas as distâncias de segurança, no entanto, em determinados casos existem distâncias fixas estabelecidas com valores mínimos ou máximos. Os valores fixos, geralmente, abstraem-se da massa líquida de explosivo porque se baseiam no perigo de projeções e por vezes em fatores operacionais.

3.2. Níveis de proteção

Todas as considerações aqui feitas relativamente aos níveis de proteção fundamentam-se no AASTP-1 (2010, p. I-3-14). Esta publicação define o princípio de que a aplicação das distâncias de segurança entre PES e Exposed Site (ES) resulta da necessidade de assegurar que pessoas, estruturas e instalações sejam expostas ao mínimo risco possível, tendo porém, sempre presente duas realidades inelimináveis: a missão tem que se efetuar, e, existe sempre algum risco residual que é ineliminável. Na prática nem sempre é possível fornecer um nível de proteção total e algumas atividades ou instalações estarão necessariamente localizadas a uma distância inferior à que

resultaria da aplicação das fórmulas quantidade-distância – é este, designadamente, muitas vezes o caso de edifícios habitados localizados dentro da Unidade Base (UB) ou nas suas imediações.

4. CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE EXPLOSÃO

Uma explosão tem características diferentes consoante o meio em que ocorre. É de carácter empírico dizer-se que uma explosão pode ocorrer em meio aéreo, aquático, subterrâneo ou no espaço. Neste trabalho é tratada apenas a explosão em meio aéreo.

Em termos gerais, uma explosão é uma libertação extremamente rápida e brusca de energia armazenada. No caso concreto da explosão hemisférica em meio aéreo, uma parte da energia é libertada como radiação térmica, outra no ar (onda de explosão aérea) e, ainda, outra parte no solo (onda sísmica e efeito cratera) (AFR 88-22, 1990, p.2-12). Assim, quando ocorrem explosões em meio aéreo, são produzidos vários efeitos primários, designadamente: a onda de explosão aérea; a fragmentação; o efeito cratera; a onda sísmica; e, a radiação térmica (AAS-TP-4, 2008, p. II-14).

Uma carga explosiva detonada sobre ou muito próxima da superfície da terra é considerada uma explosão superficial. A onda inicial da explosão é refletida e reforçada pela superfície da terra produzindo uma onda refletida. Ao contrário da explosão aérea, a onda refletida funde-se com a onda incidente no momento da detonação para formar uma única onda, similar em natureza à onda de explosão aérea mas essencialmente hemisférica em forma, designando-se assim onda de explosão hemisférica.

4.1. Efeitos da explosão

Quando ocorre um evento explosivo e se geram os efeitos referidos no ponto anterior, existem potenciais consequências, tanto para as pessoas como para edifícios expostos. Os efeitos da explosão podem danificar estruturas e tais danos podem implicar perda de integridade estrutural (possivelmente o colapso total ou parcial da estrutura) e quebra de janelas. Por sua vez, os indivíduos expostos podem sofrer ferimentos ou morrer devido a um ou mais mecanismos resultantes dos efeitos explosivos. Nomeadamente, os indivíduos que se encontrem no interior de edifícios podem deparar-se com consequências adicionais decorrentes da resposta do edifício aos efeitos da explosão. (AAS-TP-4, 2008, p. II-14).

4.2. Consequências da explosão aérea no ser humano

Referidos os efeitos da explosão, importa saber como quantificar esses mesmos efeitos, o que no fundo representa o proposto do objetivo principal deste trabalho. A metodologia de avaliação do risco em operações com explosivos e munições seguidamente apresentada baseia-se numa adaptação do SAFER, e esta ferramenta encontra-se descrita no AAS-TP-4 e no TP 14.

A presente metodologia, bem como a que lhe serviu de modelo, abstrai-se das consequências económicas, patrimoniais ou ambientais dos efeitos da explosão, focando-se única e exclusivamente nas consequências para a vida humana sendo, portanto, a mortalidade a unidade de medida utilizada.

5. AVALIAÇÃO DO RISCO NO ÂMBITO DOS EXPLOSIVOS E MUNIÇÕES

Dos 5 passos que compreendem o processo de gestão do risco (AFPAM90-803, 2013, p.18), apenas os 2 primeiros são objeto de desenvolvimento no presente trabalho. O primeiro passo – identificar o perigo – trata de proceder à identificação dos perigos da atividade em causa. O segundo passo – avaliar o risco – trata de aplicar medidas quantitativas ou qualitativas para determinar o risco associado a um perigo específico.

A Diretiva nº 02/05 – Aplicação da Gestão do Risco na Força Aérea – elaborou o processo de gestão do risco em vigor na Instituição, contudo verifica-se que este não se adequa à realidade dos riscos que envolvem as operações com explosivos a que nos referimos, nomeadamente no que concerne à quantificação do risco – a Diretiva nº 02/05 adota uma metodologia de avaliação do risco de índole patrimonial, fazendo uma quantificação pecuniária do risco. Ora, esta metodologia não se adapta totalmente a uma avaliação do risco em operações ou atividades com explosivos e munições.

O manuseamento de matérias explosivas representa um cenário muito exigente no que respeita a avaliação do risco, pois a natureza dos explosivos e as consequências dos efeitos que eles produzem quando iniciados, aliado à natureza das atividades militares, conduzem, no plano internacional, à adoção pela maioria dos países de metodologias de quantificação do risco que se fundam essencialmente na vida humana – vejam-se a este propósito as metodologias previstas pelos diversos países no AASTP-4 (2008, p. II-5).

Com base no que ficou dito, a metodologia de avaliação do risco proposta no presente estudo será baseada no que está disposto no AASTP-1 e no AASTP-4 e não na Diretiva supra.

5.1. Seleção da medida do risco

O risco pode ser medido recorrendo a uma variedade de consequências indesejáveis. Com base no AASTP-4, as medidas podem ser baseadas em perdas económicas ou de capacidade. Dentro das perdas de capacidade, a mortalidade ou ocorrência de lesões são as medidas mais comuns.

Existem inúmeras medidas em uso para avaliações do risco, e as mesmas devem refletir diretamente o objetivo definido. Por exemplo, para a proteção de pessoas as medidas incluem mortalidade, lesões, ferimentos ligeiros, etc. Concluindo, a mortalidade foi reconhecida como a medida universalmente utilizada e é, portanto, a medida referenciada ao longo da publicação suprarreferida, e igualmente adotada no presente trabalho.

5.2. Metodologia de cálculo

Os critérios QD, para determinar as distâncias de segurança, baseiam-se principalmente na quantidade de matéria explosiva, na HD em que a mesma se insere e no tipo de instalações. No entanto o *Department of Defense Explosives Safety Board* - DDESB identificou outros fatores que devem ser considerados na determinação das QD, tais como, o tipo de atividade, o número de pessoas envolvidas e o meio – desta forma permitindo avaliar com mais rigor o risco total de uma operação (TP14, 2009, p.1).

No âmbito da avaliação do risco das operações ou tarefas com explosivos e munições, a abordagem do DDESB, desenvolvida pelo grupo de trabalho (Risk-Based Explosives Safety Criteria Team - RBESC), encontra-se materializada num *software* que tem a designação de SAFER - como aliás já foi dito supra. Por sua vez, este grupo de trabalho elaborou um documento, o TP 14, que faculta e explicita os algoritmos utilizados e a metodologia de cálculo do risco adotada. Este software é apenas disponibilizado para utilização das forças armadas dos EUA, não estando disponível para utilização na FAP.

Esclarecida a origem dos modelos matemáticos que sustentam este artigo, chegou o momento de apresentar a equação 1, que consta no AASTP-4 (2008, p. I-A-10) e no TP 14 (2009, p. 92), com base na qual será efetuado o cálculo do risco:

$$F = \Delta t \times S \times \lambda \times P_{(f|e)} \times E \quad (1)$$

Sendo:

F – Risco.

Δt – Intervalo de tempo em que os indivíduos e os explosivos estão presentes.

S – Fator ambiental.

λ – Probabilidade de ocorrer o evento perigoso no período de tempo anual, com base no tipo de explosivos e a atividade realizada no PES.

P_{fe} – Probabilidade de morte consoante exista exposição e ocorrência do evento perigoso.

E – Exposição dos indivíduos ao evento explosivo, baseado no número de pessoas presentes no ES durante um ano e o número de horas em que o ES está ocupado.

Seguidamente, por uma questão de tornar mais perceptível a metodologia, vão ser tratados separadamente o *tempo de exposição* (Δt), a *probabilidade de ocorrência do evento perigoso* (P_e), a *exposição* (E) e a *probabilidade de morte quando ocorre o evento perigoso* (P_{fle}).

5.2.1. Tempo de exposição – Δt

Primeiramente, no que se refere ao Δt , é necessário ter em consideração o conceito de “grupo”, pois a avaliação deve ser feita considerando cada ES isoladamente, e dentro da cada ES, tem que ser determinada a possível existência de vários grupos de indivíduos – p.ex., um grupo poderá ser constituído pelos militares que trabalham em determinada secção de trabalho das

8h30m até às 17h30m de todos os dias úteis, outro grupo poderá ser constituído por militares que estejam de serviço (24horas) e outro grupo poderá ser o pessoal de limpeza que trabalha no local duas horas por dia, duas vezes por semana.

Abrangendo os vários grupos, os mesmos são incluídos em duas tipologias adotadas neste trabalho, sendo eles os indivíduos permanentes e os indivíduos eventuais. Esta tipificação ocorre meramente para uma caracterização mais perceptível. Recorrendo ao exemplo anterior, os dois primeiros grupos naquele determinado ES incluem-se no tipo de grupo de indivíduos permanentes e o último pertence ao tipo de grupo de indivíduos eventuais.

Assim, é possível calcular o Δt para cada grupo do seguinte modo (TP14, 2009, p.18):

$$\Delta t_{\text{grupo}} = \text{AHrs at ES}_{\text{grupo}} \times \% \text{ES}_{\text{explosivos}} \frac{\text{Hrs}_{\text{explosivos}}}{\text{PES}} \text{Hrs de Operação Anual} \quad (2)$$

Em que:

$\text{AHrs at ES}_{\text{grupo}}$ – nº de horas por ano que o grupo está presente no ES

$\% \text{ES}_{\text{explosivos}}$ – % de horas que o grupo permanece no ES quando existe matéria explosiva no PES

$\text{PES Hrs de Operação Anual}$ – nº de horas por ano em que é expetável o PES conter matéria explosiva

O Δt a introduzir na equação do risco para o cálculo dos 2 tipos de grupo do mesmo ES será:

$$\Delta t_{0 \text{ Grupo}} = \sum \Delta t_{\text{grupo}} \quad (3)$$

Para o cálculo do tempo de exposição individual é assumido o valor máximo do tempo de exposição dos grupos do mesmo ES, e assim teremos:

$$\Delta t_{0 \text{ Individual}} = \text{Maximum} \{ \Delta t_{\text{grupo}} : \text{de todos os grupos do mesmo ES} \} \quad (4)$$

O algoritmo apresentado no TP 14 (2009, p. 19) define um limite superior de 1.0 para Δt_0 que se aplica tanto para risco dos grupos como para o risco individual. Note-se que o valor de 1.0 indica o tempo máximo de exposição, isto é, ocorre sempre exposição sempre e durante qualquer momento do ano quando os explosivos estão alojados no PES.

5.2.2. Probabilidade de ocorrência do evento perigoso – P_e

As duas abordagens possíveis para estimar a probabilidade de ocorrência do evento perigoso (P_e) são o método histórico e o método analítico. Explicitando melhor:

- O método histórico baseia-se no registo de explosões acidentais de facto ocorridas. A posse desta informação, desde que ela seja suficientemente extensa em volume e período temporal abrangente, constitui uma base sólida para a predição da probabilidade de um evento.
- O método analítico, pelo contrário, tenta definir e quantificar todos os cenários possíveis da ocorrência de um evento, através de dados experimentais.

Como o SAFER, que serve de modelo a esta metodologia, adota o método histórico, também as autoras deste artigo adotaram esse método. Mais concretamente, utilizaram-se os dados estatísticos vertidos numa matriz, no TP14, que utiliza uma compilação de dados históricos registados pelo DoD (*Department of Defense*) dos EUA referentes a um período de 15 anos de acidentes com explosivos nos diferentes ramos das Forças Armadas Americanas. A P_e é determinada e registada em função do tipo de atividade, com os devidos ajustes consoante o tipo de explosivo, grupo de compatibilidade e fator ambiental. Em síntese, o cálculo da P_e é feito tendo em consideração a probabilidade de evento (PES-ano) consoante o CG (*Compatibility Group*) e a multiplicação do valor da probabilidade de evento (PES-ano) pelo fator ambiental (TP14, 2009, p.14). E, deste modo temos:

$$P_e = S \times \lambda \quad (5)$$

Em que:

S – Fator ambiental

λ – Probabilidade de evento (PES-ano)

5.2.3. Exposição – E

A exposição tem em conta a probabilidade do indivíduo estar presente no ES quando ocorre um evento. Este termo é representado por exposição (E) e as estimativas do risco individual no mesmo ES vão depender do período de tempo que o indivíduo está presente. A exposição para cada grupo de indivíduos no mesmo ES é calculada da seguinte forma (TP14, 2009, p.20):

$$\text{Exposição}_{\text{grupo}} = n^{\circ} \text{ de indivíduos}_{\text{grupo}} \times \Delta t_{\text{grupo}} \quad (6)$$

A expressão da E no cálculo do risco do grupo será:

$$E_{0 \text{ grupo}} = \frac{\sum E_{\text{grupo}}}{\sum \Delta t_{\text{grupo}}} \quad (7)$$

Para o cálculo do risco individual:

$$E_{0 \text{ Individual}} = 1.0 \text{ (por definição)} \quad (8)$$

5.2.4. Probabilidade de Morte quando ocorre o evento perigoso – P_{fie}

A P_{fie} agrega os vários efeitos que podem causar morte (sobrepessão, fragmentos, colapso de edifícios, projeção de vidros e efeitos térmicos). Sendo o cálculo da probabilidade de morte extremamente complexo é utilizada uma ferramenta em *Microsoft Excel* fornecida pelo DoD, o *Automated Safety Assessment Protocol – Explosives (ASAP-X)*, sustentado no TP 23 e no AASTP-1. O ASAP-X é uma ferramenta extremamente completa, contudo, é apenas utilizada para obtenção do valor de mortalidade quando ocorre o evento perigoso, onde esse valor é apresentado como número de mortes que ocorrem e posteriormente transformado em probabilidade, em que a mesma se traduz na P_{fie}.

5.2.5. Critérios de aceitabilidade do risco

Segundo o disposto no AASTP-4 (2008, p. I-6), os critérios de aceitabilidade do risco estão interligados com a quantificação do mesmo. Estes critérios estabelecem limites para determinar a aceitabilidade do risco num caso concreto.

Numa primeira abordagem, e a título exemplificativo, pode conceber-se a seguinte escala:

- **Aceitável** – nível em que o risco é diminuto e as suas consequências são toleráveis.
- **Tolerável com condições** – nível em que alguns riscos são toleráveis sob algumas circunstâncias e inaceitáveis noutras. Este nível leva à necessidade de mitigar o risco de modo a tornar-se aceitável. Dentro desta premissa, encontramos a sigla ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*) usada para descrever um risco à segurança operacional que foi reduzido a um nível tão baixo quanto razoavelmente praticável.
- **Inaceitável** – nível que envolve riscos que comporta em situação inadmissível.

Tabela 1 – Critérios de aceitabilidade do risco [Adaptado do AASTP-4, 2008, p. I-32]

Risco (anual)		Critérios de aceitabilidade		
		Aceitável	Tolerável com condições (princípios ALARP)	Inaceitável
Dentro do perímetro da Unidade militar	Grupo	Risco inferior a 1×10^{-3}	Risco acima de 1×10^{-3}	Risco acima de 1×10^{-2} (salvo situações extremas)
	Individual	Risco inferior a 1×10^{-4}	-	-
Fora do perímetro da Unidade militar	Grupo	Risco inferior a 1×10^{-5}	Risco acima de 1×10^{-5}	Risco acima de 1×10^{-3} (salvo situações extremas)
	Individual	Risco inferior a 1×10^{-6}	-	-

Na Figura 1 encontra-se o fluxograma do processo da aceitação do risco proveniente do AASTP-4 (2008, p. I-33), com a devida adaptação para o intuito deste trabalho. Este fluxograma refere-se, de modo sucinto, às etapas pelas quais se deve passar quando se efetua a avaliação de um local de estacionamento, com base nos critérios de aceitabilidade do risco. Analisando o fluxograma é perceptível que apenas se avança para uma análise do risco quando os critérios QD não são respeitados e, a partir daqui, utilizam-se os critérios de aceitabilidade.

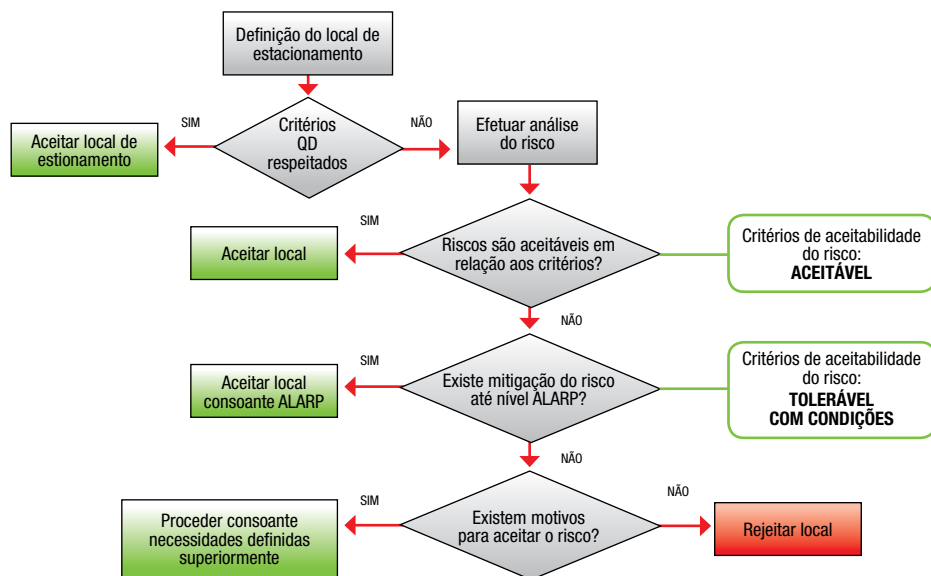


Figura 1 – Fluxograma da aceitação do risco [Adaptado do AASTP-4, 2008]

6. APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO RISCO NA BA5

Para efetuar a avaliação do risco foi realizado um levantamento de dados diretamente na Base Aérea, assim como da aplicação SINFRAS⁽¹⁾, com o intuito de elaborar a classificação dos ES e dos PES.

A aeronave de transporte estudada na avaliação do risco efetuada na BA5 foi o *Lockheed C-130 H*, por esta ser a aeronave que dispõe de maior capacidade de carga que se encontra ao serviço da FAP. A aeronave de combate em estudo para o cálculo da massa líquida explosiva máxima em situação de LWEP foi o *Lockheed Martin F-16 AM*, pelo facto de esta aeronave se encontrar a operar na BA5.

6.1. Quantidade líquida de explosivo

No que respeita a massa líquida de explosivo, no estudo relativo às aeronaves de carga foi adotado o pior cenário possível, isto é, tentou-se determinar o tipo de munições e o género de missão que resulte na maior massa líquida de explosivo possível que cada aeronave poderia comportar.

(1) SINFRAS é uma aplicação, disponível na intranet da Força Aérea, gerida pela DI (Direção de Infraestruturas) que contém o mapa do país onde se encontram especificadas todas as infraestruturas das unidades da FAP.

Seguindo o raciocínio agora exposto, vai ser considerada uma missão de transporte de bombas MK-84, que tendo em conta a capacidade máxima da aeronave referida supra, será possível transportar o número máximo de 16 bombas devidamente acondicionadas, duas a duas, em 8 berços metálicos empilháveis até um máximo de 2 berços. O total desta carga perfaz um total de 14 794,4 Kg de massa bruta, e em termos de massa líquida explosiva um total de 6.822,08 kg.

Segundo os dados fornecidos pela BA5 no ano 2013 ocorreram 20 situações de estacionamento de aeronaves de carga em que ocorreram cargas e descargas de explosivos e munições, com uma duração total de 11h20m.

Passando para a outra situação, a configuração da aeronave F-16, segundo a TO1F-16AM-1-2, que apresenta a maior capacidade de transporte de massa líquida de explosivo, remete para a configuração de combate com 2 bombas MK-82 e 2 bombas MK-84. Deste modo, e através de consulta à base de dados *Joint Hazard Classification System (JHCS)* de 05/31/2004, a configuração mencionada com estas bombas perfaz um total de 1031,44 kg de NEQ.

Ainda, através dos dados fornecidos pela BA5, determinou-se que no intervalo dos últimos 5 anos (de 01 Jan 2009 até 31 Dez 2013) ocorreram 13 situações de emergência com armamento. Para cada ocorrência estipula-se que a mesma tenha, em média, a duração de 1 hora, o que perfaz uma média de operação de 2,6 horas/ano.

6.2. Caracterização dos PES e ES

Recorrendo ao AASTP-1 foi feita a caracterização da realidade encontrada na BA5 relativamente às distâncias mínimas de segurança a considerar quando ocorrem ambos os casos de estacionamento de aeronaves em estudo.

Concluída a identificação das estruturas, medidas e registadas as distâncias, efetuou-se uma caracterização das mesmas recorrendo à publicação suprarreferida, cujos critérios foram ligeiramente adaptados por determinadas especificidades não contempladas no AASTP-1. Deste modo, os PES identificados seguem ambos a mesma tipologia: *“Pilha a céu aberto ou estrutura ligeira, não barricada, camião, reboque, viaturas de trilho ou um contentor não barricado carregado com munições”* (AASTP-1, 2010, p. I-A-16). Uma aeronave constitui um PES da tipologia identificada quando armada ou transportando matéria explosiva (Ver Tabela 2).

Tabela 2 - Listagem PES-ES e cálculo do QD

PES		Código IE [SINFRAS]	Distância real [m]	Função/Tipo de Edifício	QD [m]	
J13 (A)	Weather Shelter (J7)	125-278	410	Abrigar aeronaves	[pág. IV-5-5, alínea g) AD10] 7,2*Q ^{1/3}	72,75
	Parque de oxigénio (Sul)	125-206	622	Depósitos expostos	[pág. IV-5-5, alínea g) AD10] 7,2*Q ^{1/3}	72,75
	Esquadrilha de Manutenção da Esq. ^a 201 (aprontamento)	125-208	284	Apontamento de aeronaves & workshop	[pág. IV-5-5, alínea g) AD10] 7,2*Q ^{1/3}	72,75
	Esquadrilha de Manutenção da Esq. ^a 201 (área administrativa)	125-209	263	IBD	[pág. IV-5-5, alínea g) AD10] 7,2*Q ^{1/3}	72,75
	Cinófila	125-211	400	IBD	[Annex I-A]-[HD1.1-26] D13 (>=400)	153,13
	Depósitos de combustível (Sul)	125-229	233	POL underground	[Annex I-A]-[HD1.1-28] 0,5*D7 (>=25)	12,12
	Estrada militar	125-419	365	Low Density usage road	[Annex I-A]-[HD1.1-21] NO QD	NO QD
	Estrada civil	-	600	Low Density usage road	[Annex I-A]-[HD1.1-21] NO QD	NO QD
	Paióis	125 (217 ao 224)	464	MAGAZINE	[Annex I-A]-[HD1.1-9] D6	18,19
	Oficinas de Misseis	125-225	270	WORKSHOP	[Annex I-A]-[HD1.1-20] D13	153,13
	Carreira de tiro	125-226	610	IBD/Place of assembly	[Annex I-A]-[HD1.1-24] D13 (>=400)	153,13
	EMAE	125-183	635	IBD	[Annex I-A]-[HD1.1-26] D11 (>=270)	102,09
Hangar de manutenção da EMAE	125-184	625	IBD	[Annex I-A]-[HD1.1-26] D13 (>=400)	153,13	
I2 (B)	Seção de Combustíveis (viaturas)	-	385	POL unprotected aboveground	[pág. IV-5-5, alínea g) AD10] 7,2*Q ^{1/3}	72,75
	Depósitos de combustível (Norte)	125-229	318	POL underground	[Annex I-A]-[HD1.1-28] 0,5*D7 (>=25)	72,75
	Esq. ^a 301	125-233	320	IBD	[pág. IV-5-5, alínea g) AD10] 7,2*Q ^{1/3}	72,75
	Parque de Oxigénio (Norte)	125-232	400	Depósitos expostos	[pág. IV-5-5, alínea g) AD10] 7,2*Q ^{1/3}	72,75
II (C)	Zona Habitacional	-	160	IBD	[Annex I-A]-[HD1.1-24] D13 (>=400)	421,04
	Estrada Civil (Topo Norte)	-	450	Medium Density usage road	[Annex I-A]-[HD1.1-21] 0,5*D12	210,52

Para a caracterização dos ES, correspondentes a cada PES, foi necessário recorrer às definições presentes no AASTP-1, uma vez que os locais em estudo encontram-se sediados numa zona de aeródromo e, assim sendo, a publicação contempla distâncias específicas para áreas de aeródromo com aeronaves militares (AASTP-1, 2010, p. IV-5-5). Essas distâncias aplicam-se a instalações e atividades de apoio direto e indireto de linha da frente e manutenção de aeronaves. Foi, então, utilizada a distância AD10 ($7,2Q^{1/3}$) para edifícios de operações de esquadra, funções de manutenção de linha da frente e outras atividades de apoio direto (por exemplo, tripulação de alerta, instalações de petróleo, óleos e lubrificantes (POL) e de Oxigénio líquido (LOX)).

A utilização das quantidades-distância supramencionadas não abarca a variedade de ES presentes, sendo necessário recorrer às tabelas QD (AASTP-1, 2010, Annex I-A) para efetuar a caracterização dos restantes ES.

Após a identificação, medição e caracterização, pode-se proceder ao cálculo do QD para a quantidade líquida de explosivo máxima que cada aeronave é capaz de comportar.

6.3. Cálculo do QD

No MBA5 360-7 encontra-se referenciado o local de estacionamento para LWEP principal e secundário (placa de estacionamento J13 e I2, respectivamente). O estacionamento na placa I2 ocorrerá apenas em caso de impossibilidade de estacionamento na placa principal. Relativamente ao estacionamento de aeronaves de carga que transportam matéria explosiva, e segundo informação disponibilizada pela ETA (Esquadra de Tráfego Aéreo), as mesmas realizam o estacionamento na *Taxiway II*.

Para a realização do cálculo do QD encontra-se discriminado na tabela infra as características, a tipologia do ES em estudo e as regras de cálculo presentes no AASTP-1 a serem seguidas.

Observando a Tabela 2, verifica-se que o único ES que não se encontra dentro dos limites mínimos de segurança é a zona habitacional. Será portanto em relação a este ES que é, obrigatoriamente, necessário efetuar o cálculo do risco associado, determinando-se através dos critérios de aceitabilidade expostos na Tabela 1 se o local de estacionamento é, ou não, uma opção de risco aceitável.

Para efeitos de investigação e de contra análise dos resultados, foi realizado o cálculo do risco para todos os pares PES-ES verificando, assim, se as distâncias QD são coerentes com o risco calculado.

6.4. Cálculo do risco

Relativamente às duas variáveis da equação do risco, Tempo de exposição e Exposição apresenta-se na tabela infra a informação recolhida junto da BA5.

A divisão entre indivíduos permanentes e eventuais ocorre devido à incerteza de quais os períodos exatos em que os indivíduos eventuais se deslocam ao ES. Esta preocupação visa apenas uma caracterização do ES mais correta e exata para que a exposição a calcular seja o mais representativa possível da realidade.

Relativamente à zona habitacional e estrada civil respetivamente, importa esclarecer os valores apresentados na Tabela 3. Para se apurar uma média de indivíduos expostos na zona habitacional foi traçado um raio de 421m no mapa a partir do PES tendo-se contado um total de 93 casas de habitação expostas ao risco. Recorrendo aos dados dos censos apresentados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) da freguesia de Carvide na localidade Outeiro da Fonte, a média de habitantes por casa é de duas pessoas, o que se traduz num total de 186 habitantes potencialmente expostos. Visto não ser possível definir qual o período de maior permanência, o cálculo relativo à exposição é efetuado com o cenário mais pessimista, considerando que as 186 pessoas se encontram expostas 24 horas por dia durante os 365 dias do ano. Passando ao

estudo da estrada civil, a estrada é considerada segundo os critérios previstos no AASTP-1 como sendo de densidade baixa, pois apresenta um tráfego máximo de 1000 viaturas diárias. Estima-se que durante cerca 34 minutos (tempo médio em que decorre o evento perigoso) passam em média 24 viaturas, considerando um tripulante por viatura, estarão, assim, expostos 24 indivíduos. Relativamente às zonas identificadas na Tabela 2, como sendo a primeira uma estrada civil e a segunda uma estrada militar, às mesmas não se aplicam as regras QD, ou seja, independentemente da quantidade líquida de explosivo, devido às características inerentes a estes dois ES, estes não apresentam distâncias mínimas a cumprir, pelo que não têm qualquer relevância para o cálculo do risco. Seguidamente apresenta-se a Tabela 4, Tabela e Tabela que traduzem o cálculo do risco através das variáveis anteriormente estudadas

Tabela 3 - Parâmetros de cálculo da Exposição, Tempo de exposição e Risco

PES	ES	Tipo de grupos	N.º Ind.	Horas ES [h/ano]	Horas no ES em que o PES tem explosivos (%/ano)	Horas anuais exposto (h/ano)	Operação no PES (h)	Δt	Exposição do grupo (ano)	Exposição total por ES (h/ano)	Total da exposição por grupos (pax/ano)	N.º fatalidades retirado do ASAP-X (Output Page)
J13 (A) LWEF	Wheather Shelter (J7)	permanentes	0	0	0,0000	0	2,6	0	0	7,8	9	0,0219
			5	518	0,0050	2,6	2,6	1	5			
		eventuais	3	129,5	0,0201	2,6	2,6	1	3			
			1	52	0,0500	2,6	2,6	1	1			
	Parque de oxigénio (Sul)	permanentes	0	0	0,0000	0	2,6	0	0	2,6	3	0,0033
			3	518	0,0050	2,6	2,6	1	3			
	Esquadilha de Manutenção da Esq.ª 201 (aprontamento)	permanentes	30	2331	0,0011	2,6	2,6	1	30	7,8	10	0,0713
			8	129,5	0,0201	2,6	2,6	1	8			
			2	518	0,0050	2,6	2,6	1	2			
	Esquadilha de Manutenção da Esq.ª 201 (área administrativa)	permanentes	7	2331	0,0011	2,6	2,6	1	7	5,2	9	0,0717
			2	518	0,0050	2,6	2,6	1	2			
	Cinófila	permanentes	9	2072	0,0013	2,6	2,6	1	9	2,6	9	0,0225
			0	0	0,0000	0	2,6	0	0			
	Depósitos de combustível (Sul)	permanentes	1	10,36	0,0025	2,6	2,6	1	1	5,2	2	0,0183
			1	26	0,1000	2,6	2,6	1	1			
	Paíóis	permanentes	0	0	0,0000	0	2,6	0	0	2,6	2	0,0042
			2	259	0,0100	2,6	2,6	1	2			
	Oficinas de Mísseis	permanentes	7	2331	0,0011	2,6	2,6	1	7	7,8	11	0,0846
			3	259	0,0100	2,6	2,6	1	3			
			1	156	0,0167	2,6	2,6	1	1			
Carreira de tiro	permanentes	0	0	0,0000	0	2,6	0	0	2,6	12	0,0143	
		12	844	0,0031	2,6	2,6	1	12				
EMAE	permanentes	4	2072	0,0013	2,6	2,6	1	4	5,2	5	0,0052	
		1	156	0,0167	2,6	2,6	1	1				
Hangar de manutenção da EMAE	permanentes	20	2331	0,0011	2,6	2,6	1	20	5,2	21	0,0230	
		1	156	0,0167	2,6	2,6	1	1				
J12 (B) LWEF alt	Seção de Combustíveis (viaturas)	permanentes	9	2072	0,0013	2,6	2,6	1	9	7,8	2	0,0062
			1	8760	0,0003	2,6	2,6	1	1			
		1	52	0,0500	2,6	2,6	1	1				
	Depósitos de combustível (Norte)	permanentes	1	1036	0,0025	2,6	2,6	1	1	5,2	2	0,0115
			1	26	0,1000	2,6	2,6	1	1			
	Esq.ª 301	permanentes	12	2331	0,0011	2,6	2,6	1	12	5,2	14	0,0979
			2	259	0,0100	2,6	2,6	1	2			
	Parque de Oxigénio (Norte)	permanentes	0	0	0,0000	0	2,6	0	0	2,6	3	0,0075
			3	518	0,0050	2,6	2,6	1	3			

PES	ES	Tipo de grupos	N.º Ind.	Horas ES [h/ano]	Horas no ES em que o PES tem explosivos (%/ano)	Horas anuais exposto (h/ano)	Operação no PES (h)	Δt	Exposição do grupo (ano)	Exposição total por ES (h/ano)	Total da exposição por grupos (pax/ano)	N.º fatalidades retirado do ASAP-X (Output Page)
II (C) carga	Zona Habitacional	permanentes	186	8760	0,0013	11,33	11,33	1	186	11,33	186	22,3200
		eventuais	0	0	0,0000	0	11,33	0	0			
	Estrada Civil (Topo Norte)	permanentes	0	0	0,0000	0	11,33	0	0	11,33	24	0,0565
		eventuais	24	206,773	0,0548	11,33	11,33	1	24			

Tabela 4 - Cálculo do Risco para a placa de estacionamento I2

ES	Δt		S	λ	Pt/e	E		F	
	Individual	Grupo				Individual	Grupo	Individual	Grupo
Seção de combustíveis (viaturas)	1	1	10	1,9E-05	3,10E-03	1	2	5,89E-07	1,18E-06
Depósitos de de combustível (Norte)	1	1			5,77E-03	1	2	1,10E-06	2,19E-06
Esq.ª 301	1	1			5,69E-03	1	14	1,08E-06	1,51E-05
Parque de Oxigénio (Norte)	1	1			2,50E-03	1	3	4,75E-07	1,43E-06

Tabela 5 - Cálculo do Risco para a placa de estacionamento J-13

ES	Δt		S	λ	Pt/e	E		F	
	Individual	Grupo				Individual	Grupo	Individual	Grupo
Wheather Shelter (J7)	1	1	10	1,9E-05	2,44E-03	1	9	4,63E-07	4,17E-06
Parque de oxigénio (Sul)	1	1			1,11E-03	1	3	2,11E-07	6,34E-07
Esquadrilha de Manutenção da Esq.ª 201 (aprontamento)	1	1			7,13E-03	1	10	1,35E-06	1,35E-05
Esquadrilha de Manutenção da Esq.ª 201 (área administrativa)	1	1			7,97E-03	1	9	1,51E-06	1,36E-05
Cinófila	1	1			2,50E-03	1	9	4,75E-07	4,28E-06
Depósitos de combustível (Sul)	1	1			9,17E-03	1	2	1,74E-06	3,48E-06
Paióis	1	1			2,10E-03	1	10	3,99E-07	3,99E-06
Oficinas de Misseis	1	1			7,69E-03	1	11	1,46E-06	1,61E-05
Carreira de tiro	1	1			1,19E-03	1	12	2,26E-07	2,71E-06
EMAE	1	1			1,03E-03	1	5	1,96E-07	9,80E-07
Hangar de manutenção da EMAE	1	1	1,09E-03	1	21	2,08E-07	4,36E-06		

Tabela 6 - Cálculo do Risco para a Taxiway II

ES	Δt		S	λ	Pt/e	E		F	
	Individual	Grupo				Individual	Grupo	Individual	Grupo
Zona Habitacional	1	1	3	3,3E-05	1,20E-01	1	186	1,19E-05	2,21E-03
Estrada Civil (Topo Norte)	1	1			2,30E-03	1	24	2,33E-07	5,59E-06

6.5. Discussão de resultados

Na Tabela 4 e Tabela é possível verificar que para o NEQ máximo, todos os ES associados aos PES em estudo (placa J13 e I2) se encontram no intervalo do *aceitável* relativamente aos

critérios de aceitabilidade adotados. Estes valores eram os esperados, visto que no cálculo das distâncias QD está expresso que todos os ES se encontram dentro dos limites calculados (Tabela 2). Analisando a *Taxiway II* o cenário altera-se. Observando a Tabela 2, verifica-se que os critérios QD não são respeitados entre o local de estacionamento e a zona habitacional, pois onde deveria existir uma distância mínima de 421m (para o NEQ máximo em estudo), na realidade apenas existe uma distância de 160m. Deste modo, segundo o exposto no fluxograma de aceitação do risco (Figura 1), será obrigatório efetuar o cálculo do risco para que se possa “aceitar” ou “rejeitar” o local para o estacionamento. Na Tabela encontram-se apresentados os valores do risco associado a dois ES, a zona habitacional e uma estrada civil. Para o primeiro ES o valor do risco associado é inequívoco e pelos critérios de aceitabilidade adotados o risco situa-se no intervalo do *inaceitável*. Nestas circunstâncias e pelo descrito na Tabela 1, apenas em situações extremas seria possível o estacionamento das aeronaves em estudo. A expressão “*situações extremas*” deixa em aberto uma série de considerações que torna ambígua uma possível decisão e é por isso necessário que seja estabelecida uma hierarquia sobre os níveis de tomada de decisão a atuar nas várias situações. Passando à análise do segundo ES, o valor do risco do grupo situa-se no intervalo *aceitável*, como já seria de esperar pelos critérios QD.

Através dos resultados alcançados conclui-se que os locais de estacionamento para aeronaves em LWEF comportam um risco *aceitável*. No entanto, para o local de estacionamento atribuído às aeronaves de carga que transportam matéria explosiva este comporta um risco *inaceitável* para o par PES-ES referente à zona habitacional e, ainda que se alterem as quantidades líquidas de explosivo para valores inferiores, a distância mínima exigida, segundo as regras QD, é de 400m o que inviabiliza o estacionamento de aeronaves naquele local.

7. CONCLUSÃO

Com a metodologia desenvolvida foi estudada a localização de estacionamento de aeronaves que transportam explosivos ou munições e de aeronaves de combate, armadas, em situação de LWEF, na BA5.

Com vista ao alcance dos objetivos propostos, a execução do artigo implicou uma breve referência à classificação da matéria explosiva seguida do estudo dos efeitos da explosão em meio aéreo hemisférico. A mortalidade foi considerada a medida de cálculo do risco, por ser a consequência mais perniciosa que decorre direta e indiretamente dos efeitos da explosão.

Para a concretização dos cálculos foram utilizados como valores representativos as distâncias referentes a explosivos e munições de HD 1.1, pois os explosivos incluídos neste grupo de classificação incorporam um dos efeitos da explosão mais nocivos - a onda de explosão aérea - e de grande dificuldade no que concerne à sua mitigação. Sendo este um dos efeitos mais perniciosos, atribuiu ao cálculo os valores mais elevados de risco, no entanto de modo algum irrealistas pois as munições utilizadas no estudo são munições de facto existentes no inventário da FAP.

Determinado o risco, importa decidir o que “fazer” com esses valores. Os critérios de aceitabilidade adotados revelam-se de extrema utilidade, pois os mesmos incluem qual o risco a ser aceite em diversas situações. A quantificação do risco associada a esta temática é um passo importante no desenvolvimento de áreas cuja preocupação fundamental é a segurança, porém, a metodologia apresentada não esgota de forma alguma este assunto, pois estes são terrenos férteis para o conhecimento e desenvolvimento científico que é imperativo acompanhar.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASTP-1 – *Manual of NATO Safety Principles for Storage of Military Ammunition and Explosives*. Edition 1 change 3, May 2010.

AASTP-2 – *Manual of NATO Safety Principles for the Transport of Military Ammunition and Explosives*. Edition 1 change 3, September 2005.

AASTP-3 – *Manual of NATO Safety Principles for the Hazard Classification of Military Ammunition and Explosives*. Edition 1 change 2, December 2005.

AASTP-4 – *Manual on Explosives Safety Risk Analysis*. Edition 1 change 2, November 2008.

Army, D. o. t. (1990). *Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions*, Army Technical Manual 5-1300/Navy Publication NAVFAC P-397/Air Force Manual (AFM) 88-22 (TM 5-1300), Washington, D.C.

AFPAM90-803 – Risk Management (RM) Guidelines and tools. 11 February 2013

Belgian Representatives AC326 (SG5,6) – Explosive Storage Capacity Calculating Tool – user manual. Belgian Defense Forces, 26 Mar 2012 [Consultado a 06 Dez. 2013]. Disponível em: <http://www.rasrinitiative.org/pdfs/Explosive-Storage-Cap-Calc-Tool-manual.pdf>

Belgian Representatives AC326 (SG5,6) – Automated Safety Assessment Protocol – Explosives for NATO (ASAP-X (N)), Version Rev 3.0, 18 Mai 2012 [Consultado a 06 Dez. 2013]. Disponível em: <http://www.rasrinitiative.org/resources-explosive-safety-calculators-DDESB.php>

Department of Defense Explosives Safety Board (DDESB) - Technical Paper nº14, “*Approved methods and algorithms for DoD risk-based explosives siting*”, Revision 4, 21 July 2009. [Consultado a 22 Nov 2013]. Disponível em: <http://www.ddesbpentagon.mil>

Department of Defense Explosives Safety Board (DDESB) - Technical Paper nº23, “*Assessing Explosives Safety Risks, Deviations and Consequences*”, 31 July 2009. [Consultado a 22 Nov 2013]. Disponível em: <http://www.ddesbpentagon.mil>

Instituto Nacional de Estatística – Censos 2011. Consultado a 11 Dez. 2013]. Disponível em: <http://censos.ine.pt/xportal/xmain.xpid=CENSOS&xpgid=censosquadros>

JOINT HAZARD CLASSIFICATION SYSTEM AS OF 05/31/2004

MBA5 330-1 (F) – *P.P.E.A. Plano para Emergências com Aeronaves*. Força Aérea Portuguesa, Maio de 2013.

MBA5 360-7 – *Local Procedures Manual*. Força Aérea Portuguesa, Fevereiro de 2013.

NETO, Ferreira; ALMADA, Sara – *Glossário de Termos do Armamento*. Edições Culturais da Marinha, 1997.

US1F-16AM-1-2-WA-1_01JUN2013

POPE, D. - *The development of a quick-running prediction tool for the assessment of human injury owing to terrorist attack within crowded metropolitan environments*. [Royal Society Publishing]. Vol. 366, n.º1562 (2011). [Consultado a 07 Nov. 2013]. Disponível em: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/366/1562/127.full#sec-9>

Certificados de Aeronavegabilidade

Emissão de Certificados de Aeronavegabilidade

para os Sistemas de Armas da Força Aérea



Autor:

**Ivanilda de Fátima Vaz Té, Aspirante Aluna do Curso de Licenciatura de Tecnologias Militares
Aeronáuticas na Especialidade de Técnico de Manutenção de Material Aéreo
Academia da Força Aérea Portuguesa, Sintra**

Orientador:

**Ricardo Alexandre Fernandes Machado, Capitão Engenheiro Aeronáutico
Direção de Engenharia e Programas, Força Aérea Portuguesa**

Resumo: No seguimento da participação de Portugal no Fórum de *Military Airworthiness Authorities* (MAWA), o Decreto-Lei N.º 122 de 29 de dezembro de 2011 vem criar a Autoridade Aeronáutica Nacional (AAN), colocando a regulação, inspeção e supervisão da Aviação Militar como atividades a desenvolver pela Força Aérea Portuguesa (FA), uma vez que é ela a instituição militar que comporta maior capacidade estrutural e funcional para o cabal cumprimento desta anuência internacional.

Entre as competências do Gabinete da Autoridade Aeronáutica Nacional (GAAN), expressas na Lei N.º 28 de 12 de Abril de 2013, encontra-se a emissão de Certificados de Aeronavegabilidade (CdA) para as aeronaves militares, requisito que provém do EMAR 21 e das responsabilidades da AAN.

Este artigo propõe validar um procedimento comum para a emissão de CdA para os Sistemas de Armas (SA) da FA a implementar na AAN e na própria instituição.

Portugal em 2013 celebrou um contrato de venda com a Roménia de doze aeronaves do seu SA *Fighting Falcon F-16 Mid-Life Update* (MLU). Uma das exigências contratuais foi a posse de certificado de aeronavegabilidade aquando da entrega das mesmas. Assim foram selecionadas doze aeronaves alienadas para validar o procedimento de emissão de CdA.

Seguindo os requisitos exigidos na circular em desenvolvimento no GAAN criou-se uma lista de verificação documental e procedeu-se à recolha de evidências necessárias à certificação das aeronaves alienáveis. Isso exigiu várias deslocações à Base Aérea N.º 5 e à 1.ª Repartição da Direção de Manutenção de Sistemas de Armas (DMSA). Foi elaborado desta forma um processo de maneira a normalizar e facilitar a emissão de certificados de aeronavegabilidade, com extensão a todas as frotas da FA.

Palavras-chave: Aeronavegabilidade, Autoridade Aeronáutica Nacional, Certificado de Aeronavegabilidade, Força Aérea Portuguesa e Sistemas de Armas

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de controlar a circulação aeronáutica, por regulamentação nacional e internacional resulta do facto de, ao longo da história, os acidentes na aviação terem causado danos graves, de custos sociais e monetários bastante elevados. O controlo da aviação civil é feito a nível nacional pelo Instituto Nacional de Aviação Civil, I.P. (INAC, I.P.) e a nível europeu pela Agência Europeia para a Segurança da Aviação (EASA).

Entre as suas competências encontra-se a emissão de Certificados de Aeronavegabilidade (CdA). Tal certificação confirma o cumprimento dos requisitos necessários à circulação de uma aeronave, aumentando assim a segurança de voo (*safety*) e a confiança dos cidadãos. Esta segurança acrescida cria e mantém a fraternidade entre as nações e os povos, caminhando para uma evolução da aviação cada vez mais segura e ordenada.

As aeronaves de Estado, em questões de aeronavegabilidade, obedecem a uma regulação interna, própria de cada país, não existindo obrigatoriedade no cumprimento das regulamentações da aviação civil. Contudo, com a crescente colaboração entre as nações em Operações

Conjuntas e com o período de restrição económica que se atravessa, a Agência Europeia de Defesa (EDA) entende que há uma necessidade de harmonização dos requisitos de aeronavegabilidade militar (EDA, 2011).

Portugal, como Estado da União Europeia (UE), membro das Nações Unidas, contratante da Convenção de Chicago e país participante do Fórum de *Military Airworthiness Authorities* (MAWA), não pode ficar aquém de seus pares em matéria de aeronavegabilidade. É neste seguimento que, através do Decreto-Lei N.º 122/2011 de 29 de dezembro de 2011, surge a Autoridade Aeronáutica Nacional (AAN), entidade responsável pelo controlo da circulação de todas as aeronaves militares. O mesmo Decreto-Lei coloca a regulação, inspeção e supervisão da Aviação Militar como atividades a desenvolver pela Força Aérea (FA).

Entre as competências do Gabinete da Autoridade Aeronáutica Nacional (GAAN), expressas na Lei N.º 28 de 12 de Abril de 2013, encontra-se a emissão de CdA para as aeronaves militares, requisito que provém do EMAR 21 e das responsabilidades da AAN. Daí que no contrato de compra e venda, celebrado em 2013 entre Portugal e Roménia, de doze aeronaves do SA F-16 MLU que se encontram sob a égide da FA, uma das exigências tenha sido a posse de CdA válido aquando da entrega das mesmas.

Este SA revela-se perfeito para testar o procedimento em causa, pois os *Lockheed Martin F-16 Fighting Falcon* são aeronaves com missões estritamente militares.

Desta forma este trabalho representa elevada importância para a FA, uma instituição cuja missão primária é as operações aéreas, que desde a sua existência tem como fator crítico a segurança, o valor das pessoas e a qualidade dos meios que se encontram sob a sua tutela.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objeto a validação do procedimento comum para a emissão, alteração, renovação, revogação, suspensão e renúncia de Certificados de Aeronavegabilidade (CdA) a ser implementado pela Autoridade Aeronáutica Nacional (AAN) e executado em todas as aeronaves a operar nas Forças Armadas.

Pretende-se identificar os requisitos necessários, a periodicidade e os intervenientes no procedimento de emissão de um CdA, assim como os motivos para a sua alteração, renovação, revogação, suspensão e renúncia.

Deseja-se validar o procedimento existente testando a sua implementação no SA piloto, o F-16 MLU, perspetivando a sua aplicação e adequação a todas as aeronaves militares.

1.2 Metodologia

Para atingir os objetivos propostos, a primeira etapa deste trabalho contou com uma indagação profunda acerca da temática da aeronavegabilidade, de normas e regulamentos, livros editados e trabalhos realizados anteriormente. Identificou-se a regulamentação existente e a sua aproximação à realidade militar, seguindo sempre o princípio da EDA “*As Civil as possible and only as Military as necessary*” (EDA, 2012).

Numa segunda fase realizou-se uma entrevista ao Adjunto para a Aeronavegabilidade do GAAN, na pessoa do Tenente-Coronel Delfim Dores, para uma percepção mais elevada dos fundamentos que levam à adoção desta regulamentação na aviação militar. Com esta entrevista também ficou possível identificar de que nível de responsabilidade deve provir o pedido de emissão de CdA, o tipo de qualificação dos inspetores e o valor das informações obtidas a partir da consulta dos registos da plataforma Sistema Integrado de Apoio à Gestão na Força Aérea – Módulo de Gestão da Manutenção (SIAGFA - MGM).

Ao perceber toda a dinâmica que envolve a temática iniciou-se a etapa seguinte. Sustentado no processo criado em 2011 pelo Capitão Ricardo Machado delineou-se o decurso de emissão do CdA na ferramenta *Oracle Business Process Architect* (BPA). Com base na Circular da AAN, ainda em desenvolvimento, verificou-se o cumprimento dos requisitos impostos em doze aeronaves do SA F-16 MLU como meio de validação da primeira atividade do processo, a reunião da documentação necessária para emissão do CdA.

Com a finalidade supra descrita realizaram-se diversas deslocações à Base Aérea N.º 5 (BA5) e à 1.ª Repartição da Direção de Manutenção de Sistemas de Armas (DMSA). Assistiu-se também a várias sessões de formação acerca da plataforma SIAGFA-MGM e da ferramenta BPA administradas no Comando da Logística – Administrador de Informação da Área Logística (CLAFA – AdIAL).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aeronavegabilidade

No Procedimento da Qualidade na Manutenção (PQM) 012 da FA encontramos aeronavegabilidade definida como “a capacidade demonstrada de uma aeronave, subsistema ou componente de uma aeronave de funcionarem satisfatoriamente, quando utilizados dentro dos limites especificados” (PQM 012). Com isto entende-se que, respeitando os limites permitidos, a aeronave deve possuir todos os requisitos necessários para voar em condições seguras.

A posse de requisitos significa que a aeronave ou qualquer das suas partes constituintes foram projetadas e construídas de acordo com os critérios estudados e testados para o voo seguro. Os requisitos incluem, por exemplo, a resistência das estruturas, os critérios para a

boa prática na conceção dos sistemas, os tipos de testes de fadiga e vibração, o conteúdo do manual de manutenção, entre outros.

Estes requisitos fazem parte de normas e regulamentos estabelecidos pelas Autoridades Aeronáuticas nomeadas pelos Estados e destinam-se a promover a segurança através da eliminação ou atenuação das condições que podem causar morte, ferimentos, danos materiais ou danos ambientais.

2.2. Documentação de Referência

2.2.1 EASA PARTE M

Na Figura 1 encontra-se representado parte da estrutura regulamentar da EASA, cuja base é o Regulamento (CE) N.º 216/2008. Realçada na mesma figura está o Regulamento da Comunidade Europeia CE N.º 2042/2003 Anexo I – Parte M (EASA Parte M), no qual são definidos os requisitos de Aeronavegabilidade Permanente aplicáveis às aeronaves civis de maneira a assegurar a continuidade da aeronavegabilidade.

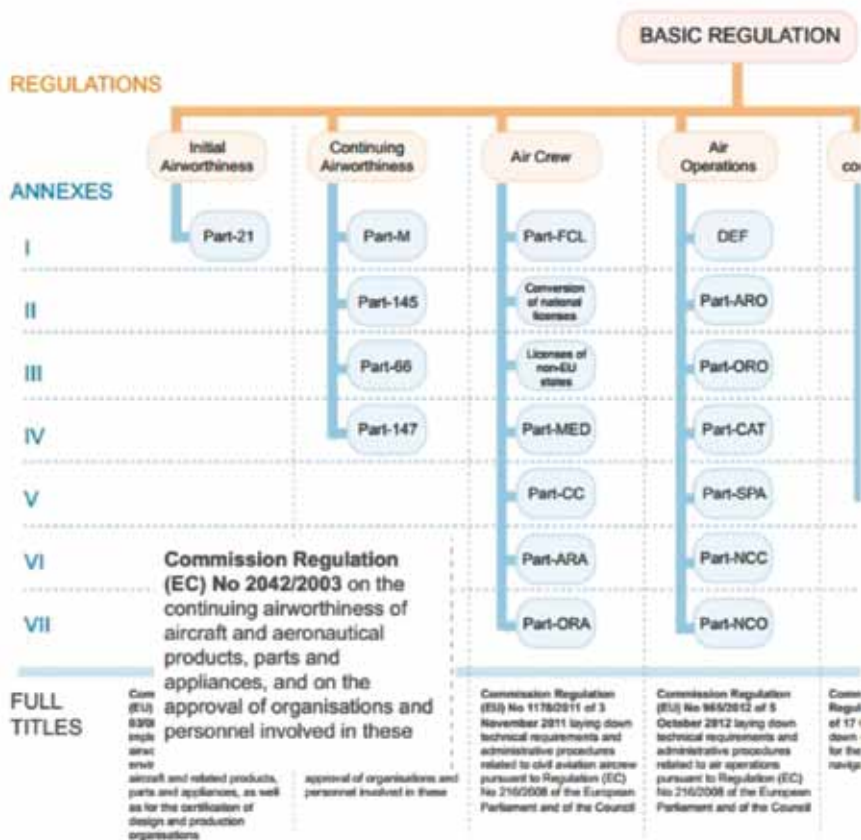


Figura 1 – Estrutura Regulamentar da EASA (EASA, 2012)

A Secção A do EASA Parte M contém requisitos para as organizações. Nela são estabelecidas as medidas a adotar para assegurar a continuidade da aeronavegabilidade e as condições que devem ser cumpridas pelas entidades envolvidas na gestão da aeronavegabilidade permanente.

Na Secção B do EASA Parte M são apresentados os “*requisitos administrativos a cumprir pelas autoridades competentes responsáveis pela aplicação e execução das disposições da Secção A*”.

Ambas as secções dividem-se pelas subpartes representadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Estrutura da EASA Parte

SUBPARTES	DESCRIÇÃO
A	Generalidades
B	Responsabilização
C	Aeronavegabilidade Permanente
D	Normas de Manutenção
E	Componentes
F	Entidades de Manutenção
G	Entidades de Gestão de Aeronavegabilidade Permanente
H	Certificado de Aptidão para Serviço - CRS
I	Certificação de Avaliação de Aeronavegabilidade

2.2.2 EDA EMAR 21

O EMAR 21 – *Certification of; Military Aircraft and Related and Related Products; Parts and Appliances, and Design and Production Organisations*, é o documento preparado pela *Task Force 2* do Fórum MAWA e aprovado na sua totalidade a 23 de janeiro de 2013 pelos países participantes (pMS).

Os EMAR do Fórum MAWA são baseados substancialmente nos requisitos de aeronavegabilidade para a aviação civil. Deste modo o EMAR 21 é muito similar ao EASA Parte 21 – Certificação de Aeronaves e Respetivos Produtos, Peças e Equipamentos, e Certificação de Entidades de Projeto e de Produção.

O EMAR 21, identicamente ao EASA Parte M, é composto por duas secções, A e B. Primeira é referente aos requisitos, direitos e obrigações dos requerentes e dos titulares de qualquer certificado emitido, ou a emitir. Na Secção B são estabelecidos os procedimentos e as respon-

sabilidades que a autoridade competente de cada pMS deve encaixar na emissão, revalidação, alteração, suspensão e revogação das certificações e autorizações do EMAR 21.

Para a temática em questão será a subparte H da Secção A a mais relevante, pois contém os procedimentos para a obtenção de um certificado de aeronavegabilidade militar.

Segundo o ponto 21.A.172 *“qualquer organização ou operador, em cujo nome uma aeronave esteja registada ou venha a ser registada num pMS (Estado de registo), ou seu representante, pode requerer a emissão de um certificado de aeronavegabilidade para a aeronave em questão”*.

O requerimento para a emissão de um CdA deve ser efetuado nos moldes estabelecidos pela autoridade competente do pMS e cada requerimento deve incluir os elementos que seguidamente se descrevem.

As aeronaves novas devem apresentar uma declaração de conformidade, um relatório de peso e centragem, em conjunto com uma tabela de carga e o manual de voo.

Quanto às aeronaves usadas provenientes de um estado onde seja aplicado esta EMAR, segundo o ponto 21.A.174, estas devem apresentar um Certificado de Avaliação da Aeronavegabilidade emitido de acordo com o, ainda por aprovar, EMAR M.

Para o caso das aeronaves usadas oriundas de um outro Estado é indispensável *“uma declaração emitida pela autoridade competente do Estado onde a aeronave está, ou esteve, registada, a especificar o estado de aeronavegabilidade da mesma à data da transferência, um relatório de peso e centragem, juntamente com uma tabela de carga, o manual de voo, registos históricos da aeronave respeitantes ao seu fabrico, às alterações e às operações de manutenção realizadas”*. Com esta informação também deve ser fornecida uma recomendação para a emissão de um CdA e um certificado de Avaliação da Aeronavegabilidade.

Estas declarações devem ser emitidas até 60 dias antes da apresentação da aeronave à autoridade competente.

Caso a aeronave tenha novo proprietário o seu certificado de aeronavegabilidade deve ser transferido juntamente com a aeronave, seguindo o disposto no ponto 21.A.179.

No EMAR 21, ponto 21.A.181, é instituído que o prazo de validade dos certificados de aeronavegabilidade é ilimitado, mantendo-se a validade enquanto houver conformidade com os requisitos do projeto tipo e da aeronavegabilidade permanente aplicáveis.

2.2.3AANCIRCULAR–CERTIFICADOS E LICENÇAS ESPECIAIS DE AERONAVEGABILIDADE

Na Circular, em desenvolvimento, no GAAN encontram-se os requisitos e os procedimentos para a emissão de Certificados de Aeronavegabilidade (CdA) para Aeronaves Militares, no domí-

nio da Defesa Nacional. Esta Circular tem a função de guia informativo e orientador para todos os operadores que efetuem ou pretendam efetuar voos com Aeronaves Militares.

Todos os operadores cuja atividade se enquadre nos moldes desta Circular devem solicitar a emissão de CdA à AAN.

O pedido de emissão de CdA deve incluir uma recomendação por parte do Operador, uma declaração de conformidade e o Manual de Voo. Juntamente a este pedido deve ser anexado documentação complementar (Tabela 2) similar aos exigidos no EASA Parte M e no EMAR 21, com a adequação devida à aviação militar portuguesa.

Tabela 2 – Documentação Complementar

Ref.	Documento
a	Certificado de Transferência de Custódia
b	Registo do Livro de Avião ou documento equivalente, com Registos Históricos
c	Registo discriminativo do estado de cumprimento das Ordens Técnicas (TO) ou documentos equivalentes, emitidos pelo fabricante
d	Registo discriminativo do estado de cumprimento das diretivas de aeronavegabilidade ou documentos equivalentes, emitidos pela Autoridade Aeronáutica do país de fabrico
e	Registo das modificações incorporadas e respetivos documentos de aprovação
f	Registo de reparações e respetivos documentos de aprovação que não contempladas nos manuais de manutenção e reparação
g	Relatório de peso e centragem com tabela de carga
h	Lista de peças, acessórios, rotáveis e equipamentos instalados, com período de limite de vida e com potencial associado
i	Lista de equipamentos de aviónicos instalados
j	Processo da última inspeção de manutenção da aeronave, incluindo o Certificado de Aptidão para o Serviço
k	Relatório do processo de aceitação da aeronave, incluindo anomalias detetadas e ações corretivas definidas
l	Certificado de Aceitação da aeronave nova, usada ou modificada
m	Relatório dos últimos ensaios no solo
n	Relatório do último ensaio do motor
o	Relatório do último voo de ensaio
p	Esquema atualizado de pintura e marcas
q	Teste de Flamabilidade
r	Relatório do último teste FDR/CVR
s	Código SELCAL
t	Código Modo S
u	Imunidade FM
v	Código ELT
w	Plano de Emergência e saídas
x	Lista de Software Crítico e estado de atualização
y	Programa de Manutenção aprovado e Instruções de Aeronavegabilidade Permanente em vigor
z	Lista de pedidos de concessão de prorrogações e derrogações, caso existam desvios aos requisitos aplicáveis
aa	Cópia do documento de especificações técnicas do Certificado Tipo ou documento equivalente
bb	Lista de Publicações Técnicas aplicáveis, atualizada
cc	Comprovativo de contrato de atualização das Publicações e Ordens Técnicas
dd	Cópia da <i>Master Minimum Equipment List</i> (MMEL)
ee	Comprovativo de cumprimento dos requisitos aplicáveis às operações especiais reconhecidas para a aviação civil: MNPS, B-RNAV, P-RNAV, RVSM, ETOPS, CAT II/III, AWO

A Circular estabelece que *“uma aeronave só pode operar se possuir um certificado de aeronavegabilidade válido”*, este é emitido para aeronaves novas ou usadas, *“mediante aceitação da documentação exigida e a documentação complementar considerada necessária pela AAN”*, mas também é requerido a *“verificação de que a aeronave está em condições de operar em segurança”*.

Em concordância com o parágrafo 5.h, o CdA emitido *“é válido por um período de 3 anos”*. De acordo com o Adjunto para a Aeronavegabilidade do GAAN, esta periodicidade foi estabelecida após uma análise interna da capacidade efetiva da estrutura da AAN para a emitir um CdA. O número de pessoas face ao elevado número de aeronaves a certificar, assim como a mais-valia da renovação num espaço de tempo menor levou a uma adaptação da validade do CdA semelhante ao exigido pelo EASA Parte M para os Certificados de Avaliação da Aeronavegabilidade.

Também nesta Circular, no ponto 7, dão-se orientações quanto ao arquivo dos certificados emitidos. Impõe-se que o Operador garanta que os CdA válidos acompanham a aeronave juntamente com a documentação desta. O Operador deve arquivar todos os documentos produzidos e associados à emissão, alteração, revogação, renovação, suspensão ou renúncia do CdA e estes *“deverão ser mantidos de modo a fornecer as informações necessárias a garantir a aeronavegabilidade permanente da aeronave”*.

Na alínea c, do ponto 7 afirma-se que todos os documentos *“deverão ser arquivados durante todo o tempo de serviço da aeronave a operar nas Forças Armadas e até 6 anos após o abate ou mudança de registo da aeronave”*.

A organização da documentação a entregar encontra-se no ponto 8. Esta *“poderá ser entregue em suporte papel ou digital”*, devendo *“estar organizada, estruturada e numerada”*.

“A documentação entregue em suporte de papel deverá estar num dossier, identificado, com fabricante, modelo, Número de Série (N/S), Número de Cauda (N/C) da aeronave, e com documentos organizados em separadores numerados, incluindo a lista de configuração documental do dossier”.

Caso seja entregue em formato digital, esta deve estar numa pasta identificada da mesma forma que o dossier (Figura 2) e a documentação *“organizada em sub-pastas referentes a cada documento requerido (...), incluindo a lista de configuração documental da pasta”*. No interior de cada sub-pasta, os documentos devem estar no formato PDF e organizados de forma numérica.

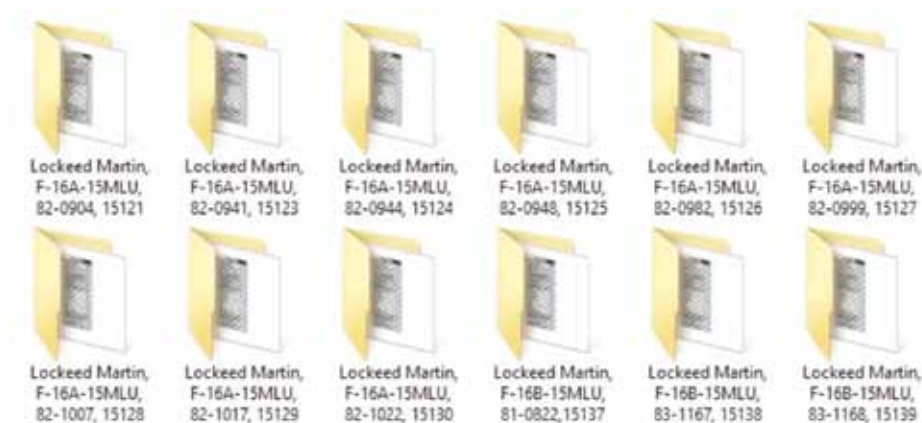


Figura 2 - Identificação das Pastas em Formato Digital

Na casualidade de algum documento não ser aplicável, “deverá ser incluída uma folha/ficheiro atestando a sua não aplicabilidade no dossier ou na pasta digital, dentro do respetivo dossier”.

No mesmo ponto ainda é referido que “*todos os documentos deverão estar devidamente assinados e datados*”.

3. PROCEDIMENTO A VALIDAR

Com a entrada em vigor da Lei N.º 28/2013 de 12 de abril, como foi anteriormente referido, a emissão de CdA passou a ser da competência da AAN, assim no novo processo elaborado tem-se como intervenientes o Gestor de Sistemas de Armas (GSA) da DMSA, a AAN e a Unidade Aérea (UA).

O processo tem início com a compilação de toda a documentação requisitada pela Circular. Para tal o GSA deve submeter a aeronave a uma inspeção de avaliação da aeronavegabilidade.

Após aprovação da inspeção, o documento deve ser assinado pelo chefe da Secção da Qualidade, responsável pela avaliação da aeronavegabilidade, com posterior assinatura do GSA e levada a despacho ao diretor da DMSA. Isto constituirá a recomendação para a emissão de CdA exigida pela Circular.

Respeitando os prazos da Circular, a documentação deverá ser enviada em formato de papel ou digital à AAN para avaliação.

No GAAN é então realizada uma avaliação de todos os requisitos. Na não satisfação destes é colocada a possibilidade de obtenção de documentos adicionais e caso não haja essa possibilidade, o GSA será notificado da finalização do processo sem emissão do CdA.

Na satisfação dos mesmos proceder-se-á a uma inspeção física à aeronave realizada por inspetores com qualificação idêntica aos previstos no PQM 302. Não havendo percalços na

inspeção física é emitida um CdA válido por 3 anos, que deverá ser verificada e arquivada, nos termos da Circular. O GSA deverá enviar o documento para a UA para que este seja incorporado na documentação da aeronave.

No caso da inspeção física não ser satisfeita, um reporte de “Constatação” (*Findings*) deverá ser feito ao GSA para que este possa corrigir todas as não conformidades apresentadas e enviar o relatório da sua correção à AAN.

Quando o GSA não consegue corrigir de imediato as Constatações, estas deverão ser tratadas à luz do previsto no EASA Parte M e no EMAR 21. Se a aeronave apresentar limitações que comprometam a aeronavegabilidade o processo terminará sem emissão de CdA com notificação ao GSA. Caso contrário será emitido um certificado com restrições, que deverá ter o mesmo tratamento, em termos de arquivo, que o CdA sem restrições.

4. VALIDAÇÃO DO PROCEDIMENTO

4.1. Identificação do Sistema de Armas

O *Lockheed Martin F-16 Fighting Falcon* é um caça equipado com um único motor modular, o *turbofan F100-PW-220E*. Desempenham missões de combate ar-ar, ar-terra e bombardeamento. Com a grande modernização sofrida, estas aeronaves permitem que Portugal mantenha uma capacidade de combate aéreo nivelado aos seus pares.

Deste modo para a realização deste projeto foram selecionadas as doze aeronaves alienadas do SA F-16 MLU cuja identificação se encontra na Tabela 3. Elas foram identificadas através do modelo, do seu N/C e N/S, por forma a facilitar o levantamento dos dados.

Tabela 3 – Identificação das 12 Aeronaves Alienáveis

Modelo	Número de Cauda (N/C)	Número de Série (S/N)
F-16A BIK15 MLU	15121	82-0904
	15123	82-0941
	15124	82-0944
	15125	82-0948
	15126	82-0982
	15127	82-0999
	15128	82-1007
	15129	82-1017
F-16B BIK15 MLU	15130	82-1022
	15137	81-0822
	15138	83-1167
	15139	83-1168

Os primeiros dois dígitos do S/N correspondem ao ano de fabrico das aeronaves, desta forma identifica-se de imediato que estas são as mais antigas da frota e que foram das primeiras a sofrer a modificação MLU.

Estas doze aeronaves fazem parte do conjunto de vinte e cinco F-16 adquiridos em 1999, através do programa *Peace Atlantis II*. Pertenciam todas ao material militar excedentário da *United States Air Force* (USAF) e estavam armazenadas, em casulos, no depósito de aeronaves do Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América, tendo sido transferidos para Portugal por via marítima.

4.2. Fontes de Informação

Após a criação da Lista de Verificação que se encontra no Anexo I e a escolha do SA, iniciou-se a primeira atividade do processo proposto, “Compilar Documentação AW”.

O primeiro passo consistiu na deslocação à 1ª Repartição da DMSA, Repartição de Sistema de Armas F-16, que administra os processos de sustentação desta frota. A partir da consulta dos registos desta repartição, identificou-se a necessidade de várias visitas à Secção da Qualidade e ao Centro de Gestão da Manutenção (CGM) da BA5. Também se revelou pertinente uma familiarização com a ferramenta SIAGFA-MGM.

4.3 Caracterização da Documentação Recolhida

As aeronaves do SA em estudo realizam missões de natureza estritamente militar. Dada essa natureza e à sua relativa antiguidade, algumas das informações revelaram-se difíceis de obter ou mesmo não aplicáveis.



Para a documentação não aplicável foi criado um documento que deve ser preenchido e assinado pelo chefe da Secção da Qualidade da UA, uma vez que a este compete o controlo das condições de aeronavegabilidade. Devem ser descritos todos os fundamentos da não aplicabilidade de uma exigência na emissão do CdA. O documento deverá ser dado a conhecer ao GSA e ao diretor da DMSA.

Importa salientar que, apesar das evidências recolhidas pertencerem ao SA F-16, as fontes de informação utilizadas são similares para qualquer SA da FA.

4.4 Análise da Informação Recolhida

O resumo do resultado da recolha, em função do local de obtenção da evidência, encontra-se na Tabela 4. À exceção dos motores, os documentos, quando obtidos, são para cada N/C.

Tabela 4 - Resumo da Documentação Recolhida

Ref.				FORM	Não Apurado
Recomendação para Emissão de CdA				✓	
Certificado de Aeronavegabilidade para Exportação				✓	
Manual de Voo e Suplementos Aplicáveis	✓	✓			
Processos de Produção, Modificações, Reparações, Incorporação de TO e Realização de Ações de Manutenção	✓	✓			
Certificado de Transferência de Custódia				✓	
Registo do Livro do Avião, com Registo Histórico da Célula, Motor, Hélice e APU		✓	✓		
Registo do Estado de Cumprimento da Aeronavegabilidade Permanente	✓	✓	✓		
Registo de Modificações Incorporadas e Respetivos Documentos de Aprovação	✓	✓			
Registo de Reparções e Respetivos Documentos de Aprovação não Contemplados nos Manuais de Manutenção e Reparções	✓	✓			
Relatório de Peso e Centragem		✓			
Lista de Peças, Acessórios, Rotáveis e Equipamentos Instalados		✓	✓		
Lista de Equipamentos de Aviónicos		✓	✓		
Processo da Última Inspeção de Manutenção da Aeronave		✓	✓		
Relatório e Certificado do Processo de Aceitação da Aeronave				✓	
Relatório dos Últimos Ensaio no Solo, do Motor e Voo de Ensaio					✓
Esquema Atualizado de Pintura e Marcas	✓	✓			
Teste de Flamabilidade					✓
Relatório do Último FDR/CVR					✓
Código SELCAL, Modo S, Imunidade FM e Código ELT	✓	✓			
Plano de Emergência e Saídas				✓	
Lista de Software Crítico e Estado de Atualização	✓	✓	✓		
Programa de Manutenção Aprovado e Instruções de Aeronavegabilidade em vigor	✓	✓			
Lista dos Pedido de Concessão de Prorrogações e Derrogações	✓				
Cópia do Documento de Especificações Técnicas do Certificado Tipo					✓
Lista de Publicações Técnicas Aplicáveis e Atualizada	✓	✓			

Ref.				FORM	Não Apurado
Comprovativo de Contrato de Atualização das Publicações Técnicas	✓				
Cópia da Master Minimum Equipment List					✓
Comprovativo de Cumprimentos dos Requisitos Aplicáveis às Operações Especiais Reconhecidas para a Aviação Civil					✓

A informação relativa aos motores não está associado a um N/C específico, sendo iguais para todas as aeronaves porque qualquer motor pode levar um determinado módulo e pode ser atribuída a uma qualquer aeronave.

Com a análise da tabela anterior conclui-se que as 12 aeronaves do SA F-16 cumprem com mais de 75% os requisitos da Circular da AAN.

O não apuramento de algumas exigências leva a que, aquando do real pedido de emissão do CdA tenham de ser apresentados as devidas justificações à AAN.

5. CONCLUSÃO

Com a criação da AAN, através do Decreto-Lei N.º 122/2011 de 29 de dezembro do mesmo ano e com a consequente Lei N.º 28/2013 de 12 de Abril que atribui a competência da emissão de Certificados de Aeronavegabilidade ao GAAN, ocorre a necessidade de implementar um procedimento válido a ser aplicado em todos os SA da FA.

Foi com esse objetivo que, seguindo os requisitos exigidos na Circular da AAN, ainda em elaboração, se reuniram a documentação de doze aeronaves do SA F-16 MLU. Estas foram selecionadas para testar os procedimentos da Circular, devido às exigências do contrato de compra e venda, celebrado entre Portugal e Roménia em 2013, da posse de um CdA emitido pela AAN.

A primeira fase do trabalho contou com uma indagação profunda de documentos nacionais e internacionais existentes com a temática da aeronavegabilidade e ainda com a realização de uma entrevista ao Adjunto para a Aeronavegabilidade do GAAN. Dessa consulta depreendeu-se que os requisitos de aeronavegabilidade da Circular são muito próximos aos exigidos pelo EASA Parte M e pelo EMAR 21, com adequação à realidade militar nacional.

O Certificado de Aeronavegabilidade emitido pela AAN terá a validade de três anos, findo os quais o Operador terá de submeter a aeronave a uma reavaliação dos requisitos de aeronavegabilidade permanente. Isso permitirá que a AAN consiga ter um maior controlo na fiscalização do cumprimento das instâncias do CdA emitido.

Para a obtenção de um CdA válido é necessário que o Operador/Proprietário formalize um pedido de emissão à AAN. Esse pedido deve ser acompanhado de toda a documentação necessária e esta deve ser enviada para avaliação no GAAN, respeitando todos trâmites da Circular.

Criou-se um processo para ilustrar os passos para a obtenção da certificação. Desempenhando o papel do Operador, que para o caso específico da FA será o GSA, procedeu-se à recolha da documentação das aeronaves selecionadas.

Para tal fizeram-se várias deslocações à 1ª Repartição da DMSA e à BA5, tendo sido também pertinente uma formação acerca do SIAGFA-MGM.

Devido à natureza das missões realizadas por estas aeronaves e a sua proveniência, não foi possível apurar o cumprimento de alguns requisitos.

Foram assim identificados os requisitos necessários, a periodicidade e os intervenientes no procedimento de emissão de um CdA, assim como os motivos para a sua alteração, renovação, revogação, suspensão e renúncia.

Conclui-se que o procedimento descrito na Circular da AAN é passível de ser aplicado no SA F-16 MLU, uma vez que este cumpre com mais de 75% dos requisitos exigidos e com tempo poderá cumprir a totalidade destes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAA. - **Anybody's Continuing Airworthiness Management Exposition (CAME)**, de 6 de julho de 2009 acessível em <http://www.caa.co.uk/>.

Decreto-Lei n.º 122/2011. D.R.I Série. 249 (2011-12-29) 5475.

Decreto-Lei n.º 145/2007. D.R.I Série. 82 (2007-04-27) 2712.

Decreto-Lei n.º 133/98. D.R.I Série. 112 (1998-05-115) 2276.

Decreto-Lei n.º 232/2009. D.R.I Série. 179 (2009-09-15) 6428.

Decreto-Lei n.º 28/2013. D.R.I Série. 72 (2013-04-12) 2145.

Diretiva n.º 02/05 de 21 de junho de 2005. **Aplicação da Gestão do Risco na Força Aérea**. FAP.

Diretiva n.º 05/CEMFA/13 de 12 de abril de 2013. **Implementação da Autoridade Aeronáutica Nacional**. FAP.

EASA – Agência Europeia para a Segurança da Aviação, 2003-2013. Consultado em dezembro de 2013, disponível em <http://easa.europa.eu/language/pt/home.php>.

EDA – European Defence Agency. Consultado em dezembro de 2013 e acessível em <http://www.eda.europa.eu/>.

EDA – Military Airworthiness. EDA Publications Office. 11 de dezembro de 2013. Acessível em http://www.eda.europa.eu/docs/default-source/eda-publications/military-airworthiness_web.

EDA. European Military Airworthiness Requirements – EMAR 21 (Section A and B) – **Certification of; Military Aircraft and Related Products, Parts and Appliances, and Design and Production Organization**, 1.ª Edição. 23 de janeiro de 2013. Acessível em [http://www.eda.europa.eu/docs/default-source/documents/emar-21-section-a-and-b-ed-1-0-\(combined\)-\(23-jan-2013\)-approved.pdf](http://www.eda.europa.eu/docs/default-source/documents/emar-21-section-a-and-b-ed-1-0-(combined)-(23-jan-2013)-approved.pdf).

FAP. Manual do Utilizador do Módulo IPA – **Inspecções Programadas a Aeronaves**, 1.ª Edição, janeiro de 2007. Acessível na plataforma Sistema Integrado de Apoio à Gestão da Força Aérea.

FAP – Estrutura e Missão da Força Aérea. Consultado em dezembro de 2013. Acessível em <http://www.emfa.pt/www/pagina-001>.

GREEK MYTH & GREEK MYTHOLOGY. – **The myth of Daedalus and Icarus**, artigo consultado em dezembro de 2013 e disponível em: <http://www.greekmyths-greekmythology.com/myth-of-daedalus-and-icarus/>.

ICAO. **Airworthiness Manual – Volume I Organization and Procedures**, Doc. 9760. 3.ª Edição, de 2013. Acessível em [http://www.icao.int/APAC/Meetings/2013_AWM/Doc9760 Mar 26 clean copy.pdf](http://www.icao.int/APAC/Meetings/2013_AWM/Doc9760%20Mar%2026%20clean%20copy.pdf).

ICAO. **Convention on International Civil Aviation**, Doc. 7300/9. 9.ª Edição, de 2006. Acessível em http://www.icao.int/publications/Documents/7300_cons.pdf.

ICAO. **International Standards and Recommended Practices** – Annex 6 to the Convention on International Civil Aviation – Operation of Aircraft, Part. I. 9.ª Edição. julho de 2010. Acessível em <http://www.store1.icao.int>.

ICAO. **International Standards and Recommended Practices**. Annex 8 to the Convention on International Civil Aviation – Airworthiness of Aircraft. 11.ª Edição. julho de 2010. Acessível em <http://www.store1.icao.int>.

INAC, I.P. – **Instituto Nacional de Aviação Civil**, I.P. Consultado em dezembro de 2013 e disponível em <http://www.inac.pt/vPT/Generico/INAC/QuemSomos/Paginas/QuemSomos.aspx>.

INAC. **Circular Técnica de Informação n.º 08-05**, Edição 0, de 27 de outubro de 2008. Acessível em <http://www.inac.pt/vPT/Generico/LegislacaoRegulamentacao/CircularesInformacao/Paginas/CircularresdeInformacaoTecnica.aspx>.

MCLAFA 305-4. **Organização e Normas de Funcionamento da Direção de Engenharia e Programas**. FAP

MCLAFA 305-6. **Organização e Normas de Funcionamento da Direção de Manutenção e Sistemas de Armas**. FAP.

MFA 501-1. **Conceito de Operações**. FAP

NP EN ISO 9000:2005. Sistemas de Gestão da Qualidade – **Fundamentos e Vocabulário**. IPQ.

PQM 012. Manutenção dos Sistemas de Armas – **Certificação de Aeronavegabilidade**. FAP.

PQM 204. Manutenção dos Sistemas de Armas – **Área de Planeamento e Controlo**. FAP.

PQM 302. Manutenção dos Sistemas de Armas – **Qualificação de Inspetores**. FAP.

RFA 303-4 (A). **Organização e Normas de Funcionamento do Comando de Logística da Força Aérea**. FAP.

RFA 401-1. **Regulamento da Manutenção de Aeronaves da Força Aérea**. FAP.

RFA 401-1 (A). Volume I. **Sistema de Gestão da Qualidade**. FAP.

RFA 401-2 (A). **Regulamento de Pintura de Aeronaves**. FAP.

RFA 401-4. **Sistema de Registo de Dados de Manutenção de Aeronaves**. FAP

PQM 401. Manutenção dos Sistemas de Armas – **Prorrogações de Potenciais/Derrogação de Procedimentos**. FAP.

PQM 407. **Manutenção dos Sistemas de Armas - Glossário**. FAP.

PR.AFC.00001-001. **Approval of Flight Conditions for a Permit to Fly**. EASA.

RFA 401-1 (A) Volume I. **Sistema de Gestão da Qualidade**. FAP.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (CE) n.º 1592/2002**, de 15 de julho de 2002. Acessível em <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:240:0001:0021:PT:PDF>.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (CE) n.º 2042/2003**, de 20 de novembro de 2003. Acessível em <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:315:0001:0165:PT:PDF>.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (CE) n.º 216/2008**, de 12 de abril de 2008. Acessível em <http://eur-lex.europa.eu/pt/index.htm>.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (CE) n.º 748/2012**, de 3 de agosto de 2012. Acessível em <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:224:0001:0085:PT:PDF>.



Academia da Força Aérea

Granja do Marquês – 2715-021 Pêro Pinheiro

Tel.: 219 678 956 – Fax: 219 678 956



Complexo Desportivo da AFA

