

**INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES
CURSO DE PROMOÇÃO A OFICIAL SUPERIOR DA FORÇA AÉREA**

2014/2015



TII

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PARA
UAV DO TIPO ANTEX-XO2 BASEADO NO MSG-3**

**O TEXTO CORRESPONDE A TRABALHO FEITO DURANTE A
FREQUÊNCIA DO CURSO NO IESM SENDO DA RESPONSABILIDADE
DO SEU AUTOR, NÃO CONSTITUINDO ASSIM DOCTRINA OFICIAL DA
FORÇA AÉREA.**



INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO
PARA UAV DO TIPO ANTEX-X02 BASEADO NO MSG-3**

CAP/TMAEQ Paula Alexandra Veiga Gonçalves

Trabalho de Investigação Individual do CPOS FA 2014/15

Pedrouços 2015



INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA DE
MANUTENÇÃO PARA UAV DO TIPO ANTEX-X02
BASEADO NO MSG-3**

CAP/TMAEQ Paula Alexandra Veiga Gonçalves

Trabalho de Investigação Individual do CPOS FA 2014/15

Orientador: TCOR/ENGAER Ana Rita Duarte Gomes Simões Baltazar

Pedrouços 2015



Agradecimentos

A conclusão deste trabalho não poderia deixar para trás aqueles que para ela tanto contribuíram direta ou indiretamente. Assim, e em primeiro lugar, gostaria de agradecer à Sr^a TCor Ana Baltazar, minha orientadora científica, pela sua exímia exigência, sugestões relevantes indicadas durante a orientação, por toda a ajuda, entusiasmo e paciência demonstrados ao longo destes meses de trabalho e ressaltar ainda a persistência incansável que motivou a evolução da presente investigação.

Ao AFA-CIAFA, pelo apoio técnico e enorme disponibilidade, sem a qual esta investigação não teria tomado este formato. Agradeço em especial aos militares do Núcleo de Investigação e do Núcleo de Operações do CIAFA pela pronta disponibilidade e rapidez de resposta.

O meu especial agradecimento também aos vários militares que durante as diferentes fases do trabalho foram determinantes através da sua mestria e conhecimento pois as suas questões fizeram-me refletir e melhorar a investigação. Refiro-me então, aos Srs. Cor Lourenço da Saúde, TCor Vale Lima, TCor João Vicente, TCor Diná Azevedo, TCor Delfim Dores, TCor João Nogueira, TCor Teresa Cabral, Maj Sentieiro, Maj Isabel Machado, Cap Bruno Carreiro, Cap Diogo Duarte e Cap Ricardo Machado. A todos, o meu sincero e muito obrigado!

Aos meus camaradas de curso que com o seu apoio, boa disposição, camaradagem e espírito de interajuda facilitaram-me a concretização de mais uma importante etapa na minha carreira. Um bem-haja para Todos Vós!

À minha família, pelo apoio e compreensão pelos momentos em que estive ausente e pela escassa atenção que lhes dei durante todo o tempo de elaboração da investigação.

E, por último, mas fundamentalmente, a Deus que me deu as condições para desenvolver esta investigação, e me deu o marido e a filha maravilhosos que tenho que suportaram a minha ausência quase diária, me apoiaram nos momentos mais difíceis, entenderam as minhas dúvidas e angústias, estiveram sempre a meu lado e a quem dedico todo este trabalho, pois sem eles não se teria concretizado.



Índice

Introdução	1
1. Revisão da Literatura.....	4
2. Processo desenvolvimento de Plano Manutenção Inicial para UAS.....	9
3. <i>Safety Analysis</i>	12
a. <i>Systems Engineering/Type Certification Basis</i>	12
b. <i>Safety Assessment Analysis</i>	14
4. <i>Reliability Analysis</i>	16
a. Compilação de dados Fiabilísticos dos sistemas	16
(1). Método Comparações Emparelhadas	17
(2). Análises Morfológicas.....	18
(3). Método Delphi.....	18
(4). Análise de Crítica dos Modos de Falha e seus Efeitos (<i>Failure Modes and Effect Critical Analysis</i>)	19
b. Desenvolvimento de PMI segundo Metodologia MSG-3 (Aplicação do MSG-3 ao UAS ANTEX-X02).....	21
(1). Método de análise de sistemas /motores de aeronaves	21
(2). Método de análise das estruturas de aeronaves.....	22
(3). Método de análise das zonas das aeronaves.....	23
c. De que forma a FAP pode contribuir para a melhoria do processo de desenvolvimento de um PMI para UAS.....	25
5. Conclusão	27
6. Bibliografia.....	32
Apêndice A – Aplicação da metodologia proposta para desenvolvimento de PMI ao UAS ANTEX-X02.....	Aps A-1
Apêndice A1 - Definição dos requisitos de certificação identificação do standard aplicável ao UAS ANTEX-X02 (extrato de artigo científico em submissão para a <i>First International Conference on Robot Ethics</i> 2015)	Aps A1-1
Apêndice B – Método para determinar os requisitos de certificação a aplicar a novas aeronaves incluindo UAS (CAA, 2002).	Aps B-1



Índice de Figuras

Figura nº 1 - Ilustração do Processo do Maintenance Review Board inserido no processo de Certificação de Aeronavegabilidade de produtos aeronáuticos	11
Figura nº 2 - Processo de Desenvolvimento do Type Certification Basis	14
Figura nº 3 - Matriz da Severidade do Risco	15
Figura nº 4 - Esquema da metodologia das Comparações Emparelhadas.	18
Figura nº 5 – Etapas de execução do Método de Delphi.	19
Figura nº 6 - Processo das análises FMEA.	20
Figura nº 7 - Esquema de Análise de sistemas e motores segundo a metodologia MSG-3. 22	
Figura nº 8 -Esquema do desenvolvimento do programa de manutenção de estruturas.....	23
Figura nº 9 - Esquema do desenvolvimento do programa de inspeção de zona.	24



Resumo

Atualmente, em todo o mundo constata-se uma crescente proliferação dos *Unmanned Aerial Systems* (UAS) devido à sua vasta aplicabilidade.

No entanto previamente à sua operacionalização, os UAS deverão ser submetidos a um processo de certificação, que englobará entre vários aspetos o desenvolvimento de um Plano de Manutenção Inicial (PMI) que assegure a segurança e fiabilidade das operações.

A presente investigação propõe um processo e uma metodologia para desenvolver um PMI para UAS, alicerçada nos vetores críticos: segurança, fiabilidade e risco. Para tal utilizou-se uma estratégia de investigação qualitativa, e o UAS ANTEX-X02 EXTENDED como objeto de estudo, tendo sido identificados: um conjunto de boas práticas aplicáveis à gestão de processos de certificação de produtos aeronáuticos; uma forma de integração na estrutura de gestão da certificação de aeronavegabilidade da FA, assim como, os contributos que a FA poderá facultar para a melhoria do processo e da metodologia proposta.

Palavras-chave

Maintenance Steering Group-3, Plano de Manutenção Inicial; Sistema Aéreo Não Tripulado; Unmanned Aerial Systems; RPAS

Abstract

Presently, worldwide there has been a growing demand and proliferation of Unmanned Aerial Systems (UAS) because of its wide applicability.

However prior to its operation, the UAS should be subject to a certification process, which will comprise among others aspects the development of an Initial Maintenance Plan (IMP) to ensure the continued safety and reliability of its operations.

This research propose a process and a methodology to develop an IMP for UAS, based on the critical vectors: safety, reliability and risk. And to materialize it, was used a qualitative research strategy, and the UAS ANTEX-X02 EXTENDED as study object.

The research achievements were: a set of best practices applicable to the certification process management of aeronautical products; the likely integration process in the PoAF structure of airworthiness certification management, as well as the contributions that PoAF could provide to improve the proposed process and methodology.

Keywords

Maintenance Steering Group-3, Initial Maintenance Plan; Unmanned Aerial System; RPAS



Lista de Abreviaturas

AAN – Autoridade Aeronáutica Nacional

AD – *Accidental Damage*

AFA – Academia da Força Aérea

ALS – *Airworthiness Limitations Section*

BTID – Base Tecnológica Industrial da Defesa

CAA – *Civil Aviation Authority*

CE – Comissão Europeia

CMR – *Critical Maintenance Requirement*

COA – Certificado de Operador Aéreo

DET – *Detailed Inspection*

DGRDN – Direção-Geral de Recursos da Defesa Nacional

EASA – *European Aviation Safety Agency*

EDA – *European Defense Agency*

EMACC – *European Military Airworthiness Certification Criteria*

ED – *Environment Deterioration*

EUROCONTROL – *European Organization for the Safety of Air navigation*

FA – Força Aérea

FAA – *Federal Aviation Administration*

FAP – Força Aérea Portuguesa

FD – *Fatigue Damage*

FFAA – Forças Armadas

FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*

GVI – *General Visual Inspection*

ICAO – *International Civil Aviation Organization*



ICA – *Instructions of Continuing Airworthiness*

ISC – *Industry Steering Committee*

HIR – *Hazard Rate*

MFA – *Manual da Força Aérea*

MSI – *Maintenance Significant Item*

MSG – *Maintenance steering Group*

MRB – *Maintenance Review Board*

MRBR – *Maintenance Review Board Report* (Equivalente ao PMI)

NATO – *North Atlantic Treated Organization*

PERSEUS – *Protection of European borders and Seas through the intelligent Use of Surveillance*

PM – *Programa de Manutenção*

PMI – *Programa de Manutenção Inicial*

PSE – *Principal Structure Element*

RPAS – *Remoted Piloted Aerial System*

RST – *Restoration*

SANT – *Sistema Aéreo Não Tripulado*

SE – *Systems Engineering*

SSA – *Safety Assessement Analysis*

SSI – *Significant Structure Item*

TC – *Type Certificate*

TCB – *Type Certification Basis*

TII – *Trabalho de Investigação Individual*

UAV – *Unmanned Aerial Vehicle*

UAS – *Unmanned Aerial System*



USAR – *Unmanned Systems Airworthiness Requirements*

WG – *Working Group*



Introdução

Desde 1917, aquando do primeiro voo controlado de um avião não tripulado, que a indústria relacionada com os sistemas aéreos não tripulados (*Unmanned Aerials Systems* - UAS) está em ascensão. A vasta aplicabilidade reconhecida mundialmente aos UAS sustenta a sua crescente procura e o crescente potencial comercial.

Portugal não é exceção, na medida em que também se verifica um crescente aumento de projetos de desenvolvimento de UAS, ou de projetos em que esses meios são envolvidos. Por sua vez, na esfera militar, em concreto no centro de investigação da Academia da Força Aérea (AFA), têm sido realizados, de forma consecutiva nos últimos anos, vários projetos de investigação que envolvem o desenvolvimento, fabrico e operação de várias Classes¹ de UAS com vista ao duplo uso.

Paralelamente, em abril de 2013, foi publicado o manual MFA 500-12, onde se define a visão estratégica para os UAS segundo dois vetores: definição, desenvolvimento e produção pela própria FA de um UAS da classe II; e a definição e aquisição no mercado de um UAS da Classe III) (EMFA, 2013, pp. 2-3,2-8). No caso do UAS classe II a responsabilidade do desenvolvimento foi atribuída, pela FA, à AFA.

Segundo a Circular nº 1/13 da Autoridade Aeronáutica Nacional (AAN) de 25 de setembro de 2013, “uma aeronave só poderá operar se possuir um certificado de aeronavegabilidade² válido ou uma licença especial de aeronavegabilidade após demonstração de que a aeronave é capaz de voar em segurança” (AAN, 2013, p. 1). Na alínea e) do ponto 7 deste documento é referido que “o operador deve submeter à AAN para a aprovação (...) o Programa de Manutenção (PM) para garantia da aeronavegabilidade permanente do SANT” (AAN, 2013, p. 7), no entanto o operador teve que ter acesso ao PMI do Sistema Aéreo Não Tripulado (SANT).

Assim, assumindo que os UAS a operar pela FA seguirão metodologicamente a filosofia de gestão de meios aeronáuticos civis, ou seja, as aeronaves tripuladas civis possuem *Type Certificates* (TC), e a AFA para obter a certificação de aeronavegabilidade do UAS de classe II, terá de desenvolver um plano de manutenção que garanta a aeronavegabilidade permanente e permita a inserção no seu Certificado de Operador Aéreo (COA) de um UAS. Julga-se então

¹ Classes de UAS - Classe I, massa <150kg; Classe II, 150kg <massa< 600kg e Classe III massa > 600kg. Fonte: NATO UAS *Classification Guide* CAP 722

² Aeronavegabilidade - Capacidade de um produto aeronáutico operar em terra ou no ar, sem representar um perigo significativa para as tripulações, e terceiras partes. Fonte: MAWA, 2009



premente a apresentação de uma metodologia aplicável ao desenvolvimento do PMI que cumpra o requisito de aeronavegabilidade preconizado na Circular da AAN.

O trabalho de investigação proposto pretende simultaneamente: tratar o tema de investigação “Desenvolvimento de um Programa de Manutenção para o UAV ANTEX-X02 baseado no MSG-3”; dar um contributo à materialização da visão estratégica da FA e da Direção Geral de Recursos da Defesa Nacional (DGRDN), e contribuir para a criação de conhecimento, recomendado no âmbito da implementação e exploração da capacidade UAS na FAP (Pais, 2013, p. 90), através da identificação das linhas orientadoras para desenvolvimento de um PMI para UAS. Assim, e de acordo com o preconizado no tema, o objeto da investigação será o UAS ANTEX-X02 da classe I, desenvolvido pelo CIAFA.

A revisão da literatura realizada permitiu constatar que no sector aeronáutico a metodologia utilizada por excelência no desenvolvimento de propostas de um plano de manutenção contendo os requisitos iniciais mínimos de manutenção a serem utilizados num tipo específico de aeronave é o *Maintenance Review Board Report* (MRBR), utilizando a lógica *Maintenance Steering Group* (MSG-3) (EASA, 2010a).

O percurso definido para a investigação estará circunscrito a três momentos distintos: identificação da arquitetura mais adequada ao desenvolvimento de um PMI para UAS; esboço de uma metodologia para o desenvolvimento de um PMI aplicável aos UAS e análise do processo certificação de aeronaves a fim de responder à questão “De que forma pode a FAP contribuir para a melhoria do processo de desenvolvimento de um Plano de Manutenção Inicial para UAS?”.

Destarte, a investigação foi estruturada em quatro capítulos e três anexos que materializam os objetivos definidos.

No primeiro capítulo é apresentado o resumo da revisão da literatura, mostrando o estado da arte relativa à temática do desenvolvimento de PMI de UAS, assim como a metodologia de investigação utilizada.

No segundo capítulo descreve-se o processo de desenvolvimento do PMI segundo o MRBR, particulariza-se para os UAS, abordando o enquadramento legal as entidades intervenientes.

As atividades conducentes ao desenvolvimento de um PMI de aeronaves poderão ser divididas em dois blocos: o do *Safety Analysis* e o da *Reliability Analysis*. Assim, no terceiro capítulo serão apresentadas algumas características e a aplicabilidade das metodologias



consideradas para *Safety Analysis*, nomeadamente: *Systems Engineering*, *Safety Assessment Analysis*.

No quarto capítulo serão apresentadas algumas metodologias aplicáveis à *Reliability Analysis*, tais como: *Paired Comparison*; *Delphi Method*; *Morphological Analysis*, a Análise Crítica dos Modos de Falhas e das Consequências (FMECA) e o MSG-3, terminando com a análise de que forma a FA e da AAN poderão contribuir para a melhoria do processo de desenvolvimento de PMI para UAS. Uma breve ilustração do desenvolvimento do PMI para o ANTEX-X02 será mostrada no Apêndice A

Por último, serão apresentadas as conclusões que refletem todo o trabalho desenvolvido; são descritos os conceitos construídos, mencionando as hipóteses formuladas. Termina-se com recomendações e a sugestão de trabalhos futuros.



1. Revisão da Literatura

“Aviation is the branch of engineering that is least forgiving of mistakes.”

Freeman Dyson

Os *Unmanned Aerial Systems* estão em franca ascensão em todo o mundo, sendo fortemente imulsionados pelos Estados Unidos da América e Israel, os líderes mundiais. Na Europa, não existe um conhecimento tão vasto desses sistemas, contudo em países como a França, Itália e Reino Unido, o desenvolvimento já se encontra numa fase avançada.

Em Portugal a investigação orientada para o desenvolvimento de UAS é muito recente, está focada primariamente em UAS de pequeno porte (classe I). A nível militar, este desenvolvimento é liderado pela AFA, através do seu centro de investigação; a nível civil, existe um pequeno grupo de empresas e universidades que possuem projetos nesta área. Todavia, todas as entidades pretendem desenvolver UAS que possuam duplo uso, ou seja, que possam ser empregues em missões de carácter militar ou de carácter civil.

O processo de integração de UAS no dispositivo operacional da FA é consubstanciado no MFA 500-12, “a Visão Estratégica para SANT, nos Ofício n^{os} 2334, de 02 de junho de 2014 e no n^o 3203, de 29 de setembro de 2014, ambos da DGRDN, relativamente à Estratégia da Defesa Nacional para o Desenvolvimento dos Sistemas Aéreos Não Tripulados”.

Segundo o MFA 500-12, a integração dos UAS na capacidade operacional da FA será realizada por duas vias. A primeira visa o desenvolvimento de um UAS da Classe II, em que a AFA lideraria o projeto e procuraria parcerias na indústria para a produção (EMFA, 2013). Esta via apresenta-se com inúmeras “vantagens e oportunidades em áreas de interesse nacional, nomeadamente: os enriquecimentos de competências técnicas; criação de sinergias com entidades ligadas às universidades e ao meio empresarial nacional e diminuição do orçamento” (EMFA, 2013, p. 3). Porém, enveredar por essa via, segundo Carreiro (2014) tem limitações, nomeadamente: “o CIAFA é um centro de investigação, foca todos os seus recursos em projetos de I&D de UAS com objetivo de atingir níveis de maturação de tecnologia elevado. Constatase que as responsabilidades de industrialização e comercialização ultrapassam o âmbito das suas atividades (AFA/CIAFA, 2013)”, associado ao facto de “a FA não dispor de estrutura e recursos suficientes para assegurar o cumprimento das responsabilidades de aeronavegabilidade continuada” (Rocha, 2014b cit por Carreiro, 2014, p.27).



A segunda via abordada no MFA 500-12 remete para a aquisição no mercado de um sistema UAS da classe III (EMFA, 2013, pp. 4-1).

A perspectiva da DGRDN em relação à Estratégia de Defesa Nacional de Desenvolvimento dos SANT é mais abrangente, pois engloba a visão de todos os Ramos e as Forças de Segurança Pública, e é motivada pela "necessidade de aumentar o conhecimento sobre esta matéria e efetuar uma permanente transferência desse conhecimento para a indústria e garantir a capacitação das Forças Armadas (FFAA) com sistemas modernos e evoluídos" (DGAIED, 2014a, p. 2). A estratégia de Defesa Nacional assumida, também já foi adotada por diversos países e entidades nomeadamente (DGAIED, 2014a): a *European Aviation Safety Agency* (EASA), EUROCONTROL, *International Civil Aviation Organization* (ICAO), *North Atlantic Treated Organization* (NATO). Assim, "a Estratégia da Base Tecnológica Industrial da Defesa (BTID) e a Estratégia do Mar e o Plano Tecnológico visam contribuir no mercado nacional e internacional da defesa, (...), aeronáutica, aeroespacial, (...) e dinamizar as ações de diversos parceiros" (DGAIED, 2014a, p. 5). A DGRDN subdivide a estratégia delineada em vários eixos, em que no relativo ao desenvolvimento recomenda que a definição de requisitos operacionais deva ser feita pelas FFAA (DGAIED, 2014b, p. 9).

Face ao anteriormente descrito constata-se que os UAS serão uma realidade nas FFAA num futuro próximo, sendo que o desenvolvimento de um sistema desta natureza "*in house*" é considerado uma solução a prosseguir conforme descrito em vários documentos oficiais relativos à estratégia de implementação de UAS (MFA 500-12, 2013) (DGAIED, 2014a).

Segundo a AAN (2013, p. 1), "uma aeronave só pode operar se possuir um certificado de aeronavegabilidade válido ou uma Licença Especial de Aeronavegabilidade (LEA) após demonstração de que a aeronave é capaz de efetuar o voo em segurança". A *Federal Aviation Administration* (FAA) e a ICAO (2011, p. 26) afirmam que "as aeronaves tripuladas e não tripuladas são muito semelhantes no que à aeronavegabilidade diz respeito. Assim, a maioria dos UAS guiar-se-ão pelo que já está preconizado para a aviação tripulada".

Atualmente para novos projetos de aeronaves tripuladas é requerido a apresentação das Instruções de Aeronavegabilidade Permanente (*Instructions for Continued Airworthiness – ICA*) aquando da obtenção do TC. As ICA contêm os métodos recomendados, as inspeções, os processos e os procedimentos que garantem a manutenção da aeronavegabilidade de um produto aeronáutico³ (FAA, 2010). Entre os vários documentos que constituem as ICA

³ Aeronave, motor ou hélice.



encontra-se o PMI, designado de *Maintenance Review Board Report* (MRBR). O MRBR é o documento oficial que descreve os requisitos de manutenção e inspeção a serem utilizados no desenvolvimento de um programa inicial de manutenção programada visando a obtenção do TC, e posteriormente o certificado de aeronavegabilidade continuada para produtos aeronáuticos (Adams, 2009). O MRBR é elaborado por uma comissão, o *Maintenance Review Board* (MRB), constituído por fabricantes, autoridades reguladoras, fornecedores e operadores da indústria aeronáutica (Ahmadi, 2010).

A nível europeu está definido que para fuselagens com uma massa superior a 150 kg é necessário a obtenção do certificado de aeronavegabilidade, através da Agência Europeia de Segurança na Aviação (EASA). Todavia, não existe a obrigatoriedade de MRB para aeronaves cujo peso à decolagem seja inferior a 5700 kg (EASA, 2010c). Paralelamente, a Autoridade de Aviação Civil do Reino Unido (*Civil Aviation Authority* - CAA) formulou um conjunto de regras para aeronaves rádio controladas de pequeno porte, que antecedeu à publicação do *Civil Aviation Procedure* - CAP 722.

A EASA emitiu em 7 de novembro de 2005, o documento *Advance – Notice of Propose Amendment* (A-NPA) nº 16/2005, relativa aos UAV, iniciativa conjunta da *Joint Aviation Authorities* (JAA) e do *Eurocontrol*. A-NPA apresentou duas opções principais relativas à certificação de UAV, culminando na obtenção do *Type Certificate*: a abordagem convencional, utilizando como base de partida as especificações de certificação das aeronaves tripuladas (por exemplo, CS-VLA, CS-23, CS-25); e a abordagem específica de segurança, que envolve a definição dum objetivo de segurança global para a aeronave dentro dum contexto de missão e ambiente operacional definidos (Morier, 2010).

Ao nível militar, foram desenvolvidos os requisitos de aeronavegabilidade aplicáveis aos SANT de asa fixa (*Unmanned Systems Airworthiness Requirements* – USAR), que é um documento NATO, STANAG 4671. A USAR foi criada com o intuito de refletir, tanto quanto possível, a estrutura e o conteúdo das especificações de certificação de aeronavegabilidade e os meios aceitáveis de cumprimento para aeronaves da categoria normal, utilitário e acrobático da *Certification Specification* (e.g. CS-23). A garantia de segurança pressupõe que os requisitos utilizados num processo de certificação sejam globalmente os mesmos, ou equivalentes, aos da certificação de tipo de aeronaves tripuladas não envolvidas em transporte público, ou com motor instalado nas asas com peso igual ou inferior a 2730 kg. Esses requisitos são definidos em documentos específicos, sendo exemplo, no caso dos EUA 14 CFR Part21 e, no caso



européu, EASA CS-VLA. Sempre que os procedimentos usados por uma autoridade de certificação diferirem substancialmente desta abordagem, a autoridade nacional competente deverá determinar qual o processo utilizado para assegurar que o nível equivalente de segurança é conseguido (NATO, 2009).

Ao nível nacional, europeu e das agências internacionais executa-se um esforço conjunto para convergir, desenvolver e, eventualmente, produzir um corpo coerente de legislação, protocolos e tecnologias mutuamente acordadas. Isso permitirá a certificação e operação de UAS em espaço aéreo não controlado, não apenas europeu, mas também português. A base de partida é que os UAS devem operar com um nível de segurança equivalente, *Equivalent Level of Safety*, aos das aeronaves tripuladas.

Constata-se que no setor aeronáutico é exigido o desenvolvimento de um plano de manutenção para cada novo produto aeronáutico antes que este seja certificado para operação (ATA, 2005) (Duarte, 2014), e no que diz respeito aos UAS tem-se aplicado a legislação das aeronaves tripuladas. Assim, antes que os UAS possam ser integrados no dispositivo das FFAA ou colocados à disposição da sociedade civil, terão que ser submetidos a um processo de certificação para obtenção de um (*Military*) *Type Certificate* que entre outros procedimentos engloba apresentação de um plano de manutenção.

A pertinência desta investigação “assenta no facto de que se o CIAFA quiser colocar os *Remoted Piloted Aerial System* (RPAS) a voar certificados terá de elaborar ICA, conforme o processo de certificação. Portanto, “ tudo o que for feito para que quando chegarmos a esse ponto já se possuir algum conhecimento, e não se necessitar de desenvolver, na altura, do zero, é extremamente útil!” (Dores, 2014).

Todavia, “verifica-se que não existe ainda um corpo de conhecimento estabelecido que permita uma análise detalhada do desenvolvimento de planos de manutenção inicial para UAS” (Sousa, 2011, p. 8).

Nesse sentido, a Metodologia de Investigação utilizada será a indutiva. O método indutivo corresponde a uma operação mental que tem como ponto de partida a observação de factos particulares para, através de associação, estabelecer generalizações que permitam formular uma lei ou teoria (IESM, 2014, p. 13). A metodologia de investigação será materializada segundo uma estratégia de investigação qualitativa pelo qual se procederá à construção de conceitos e entendimentos a partir de padrões encontrados nos dados recolhidos através de análise documental e entrevistas. Tendo como objeto de estudo, o UAS ANTEX-X02, pretende-se



fundamentar “um caráter analítico, questionando uma determinada situação e confrontando-a com teorias existentes, originando, desta forma, novas teorias e novos problemas de investigação futura” (IESM, 2014, p. 25), escolheu-se como *design* de investigação o estudo de caso, por se pretender “descrever de forma rigorosa a unidade de observação”, o UAS ANTEX-X02, e que se deseja que culmine com a formulação de nova hipótese de investigação (IESM, 2014, p. 25). Embora, a autora tenha presente que com este instrumento de investigação “não é possível estabelecer, com rigor, generalizações dos resultados”, vai “procurar recolher informação detalhada sobre uma única unidade de estudo” (IESM, 2014, p. 25), o UAV ANTEX-X02.

A investigação relativa ao desenvolvimento de um PMI para UAS foi realizada segundo três fases: a exploratória, a analítica e a conclusiva.

Na fase exploratória delimitou-se o tema da investigação segundo três vetores: o tempo, considerando-se o espaço temporal atribuído à realização do TII; o conteúdo, alusivo ao UAS ANTEX-X02 desenvolvido na AFA e o âmbito, relacionado com processos e metodologias aplicáveis no desenvolvimento de um PMI para UAS.

A fase exploratória conduzida essencialmente através de análise da informação recolhida aquando da revisão da literatura inicial e das entrevistas exploratórias permitiu estabelecer o princípio orientador teórico da investigação inerente ao desenvolvimento de PMI para UAS.

Na fase analítica o modelo de análise utilizado baseou-se nos factos encontrados e nos dados observados nas entrevistas e na bibliografia consultada. Nesta fase pretendeu-se investigar de que forma a FAP pode contribuir num processo de desenvolvimento de um PMI para UAS. Para tal, optou-se pela realização de entrevistas semidirigidas ao representante da AAN, ao representante do Núcleo de Certificação de Aeronavegabilidade da DEP, aos responsáveis pela área da Manutenção e Produção das empresas *Tekever*, *Uavision* e *Ceii*, com vista à posterior análise da informação. Assim, a investigadora efetuou a organização do conjunto de informações recolhidas através da análise documental e da análise de conteúdo das entrevistas semidirigidas. A organização da informação foi realizada segundo as seguintes fases: revisão do material; exposição dos contextos no sentido da obtenção da teoria (hipótese), e validação dos resultados (Sousa, 2011).

Na fase conclusiva, procedeu-se a uma retrospectiva da investigação realizada; apresentaram-se os novos contributos para o conhecimento originados pelo trabalho e teceram-se algumas considerações de ordem prática.



2. Processo desenvolvimento de Plano Manutenção Inicial para UAS

Embora ainda não exista um quadro legal próprio, os UAS serão, num futuro próximo, uma capacidade das FFAA. Contudo, antes que estes UAS possam ser integrados no dispositivo da FA terão que ser submetidos a procedimentos de certificação e validação (Ozoli, 2013). Neste sentido, e atendendo que os UAS terão duplo uso, a ICAO (2011) preconiza que “*UAS will operate in accordance with ICAO Standards that exists for manned aircraft as well as any special and specific standards that address the operational, legal and safety differences between manned and unmanned aircraft operations.*”

O Regulamento da Comissão Europeia (CE) nº 216/2008, relativo a regras comuns no domínio da aviação civil, estabelece que, “os produtos aeronáuticos (...) deverão ser certificados ou licenciados após comprovação de que cumprem os requisitos essenciais em conformidade com as normas definidas pela Convenção de Chicago” (CE, 2008). Assim, no anexo 8 da Convenção de Chicago, define-se que:

- O certificado de aeronavegabilidade da aeronave seja emitido pela autoridade competente baseada em evidências satisfatórias;
- A aeronave deva cumprir com os parâmetros de projeto dos respetivos requisitos de aeronavegabilidade.

Por sua vez, o Regulamento CE nº 1702/2003, relativo às normas de aeronavegabilidade, no artigo 21A.61 do anexo da *Part 21*, determina que as instruções de aeronavegabilidade permanente deverão ser fornecidas aquando do pedido de emissão do TC.

A EASA através do meio aceitável de cumprimento, *Acceptable Means of Compliance*, M.A 302 d), da Decisão Europeia (ED) nº 2008/13/R relativa à regulamentação da atividade, faz referência à possibilidade do PMI da aeronave dever ser desenvolvido com base no MRBR, quando este for aplicável. Assim, “de modo a desenvolver os requisitos mínimos iniciais do PMI, como elemento das ICA, o requerente ao TC poderá implementar o processo MRB” (EASA, 2010).

O ICAO 9760 (2013), contém também a recomendação que o programa de manutenção deve ser baseado na informação do PMI entregue, e que essa informação geralmente é apresentada sob a forma de um MRBR. Salienta-se o facto de que o cumprimento dos requisitos de certificação é garantido através do processo MRB, mas não necessariamente através do MRBR (ICAO, 2013).



De acordo com o parecer da ICAO (2013), os procedimentos, os processos e as orientações padronizadas deverão ser desenvolvidos e implementados, a fim de desenvolver, validar e aceitar os documentos que garantem a aeronavegabilidade permanente e a segurança.

O processo padronizado MRB utiliza a metodologia analítica MSG-3, que é baseada na Manutenção Centrada na Fiabilidade⁴, *Reliability Centered Maintenance*, e é oficialmente reconhecida e aceite (FAA/EASA/ICAO) como processo de desenvolvimento do PMI. Segundo Carreiro (2014), tem como objetivo principal auxiliar na organização do projeto: os fabricantes a estabelecerem um PMI aprovado para aeronaves, e às entidades reguladoras auxiliar na aprovação desse plano (CEIIA, 2015), (Duarte, 2014) e (Machado, 2015).

O MRB consiste em vários grupos de trabalho (*Working Groups -WG*) especialistas, compostos por peritos selecionados entre as autoridades reguladoras, operadores, *Type Certificate Holder* e utilizam a lógica MSG-3 para desenvolver e propor tarefas de manutenção para uma aeronave específica. Estes grupos trabalham de acordo com procedimentos e políticas desenvolvidas pelo Comité Gestor da Indústria (*Industry Steering Committee - ISC*).

O MRB suporta, através de participação ativa, o desenvolvimento de uma proposta relativa aos requisitos iniciais mínimos de manutenção a serem utilizados no desenvolvimento de um PMI (EASA, 2010b). Desta forma, o MRBR torna-se a base para a primeira edição do programa de manutenção inicial de operador aéreo, e sendo necessária a sua apresentação à autoridade competente a fim de inscrever a respetiva aeronave no Certificado de Operador Aéreo (COA).

O processo MRBR é aplicável:

- (1). Às aeronaves de grande porte ou a helicópteros da categoria A, em que a EASA é a entidade primariamente responsável pela certificação. O requerente ao TC de aeronaves com peso máximo à decolagem superior 13000 kg, deverá solicitar a abertura de um processo MRB de modo a cumprir com o preconizado pela EASA, a menos que outro processo seja acordado.
- (2). Às aeronaves com peso máximo à decolagem entre 5700kg e 13000kg poderá solicitar abertura de um processo MRB de modo a cumprir com o preconizado pela EASA.

⁴ Fiabilidade – Aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo (ENNP 13306).



- (3). Para aeronaves com peso máximo á descolagem inferior a 5700kg (onde se inclui o ANTEX-X02), a EASA não conduz processos MRB, logo estes não são exigidos.

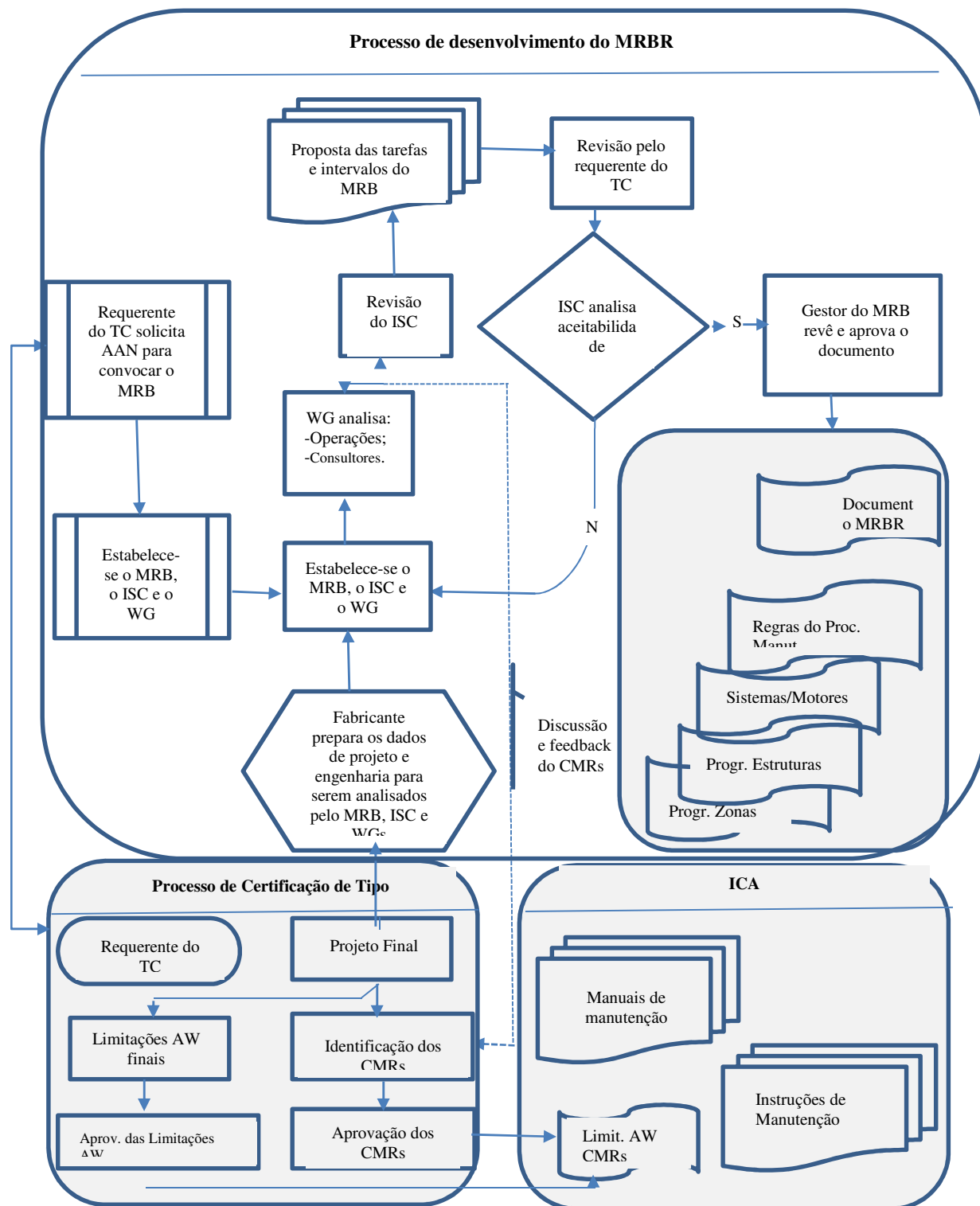


Figura nº 1 - Ilustração do Processo do *Maintenance Review Board* inserido no processo de Certificação de Aeronavegabilidade de produtos aeronáuticos.

(Fonte: adaptado de EASA, 2010)



Face a realidade de Portugal, e à classe de UAS em questão (peso máximo à descolagem entre 150 kg e 600 kg), e segundo Dores (2014), ex – Representante para a aeronavegabilidade AAN, “poderá haver dificuldades em reunir os fabricantes de todos os componentes que equipam os RPAS”. Contudo, este aspeto é apenas um dos requisitos para a implementação desta metodologia (Figura nº 1).

No entanto, se o requerente propuser utilizar um processo diferente do MRB, terá de demonstrar que os seus meios alternativos de cumprimento irão resultar num nível equivalente de integridade e segurança (EASA, 2010).

Sendo inédito em Portugal a aplicação desta metodologia no desenvolvimento de PMI de UAS, nos capítulos seguintes procurar-se-á saber de que forma este processo pode ser realizado à luz da realidade nacional.

3. Safety Analysis

A análise de segurança inclui métodos e técnicas para a avaliação, caracterização e gestão dos riscos e aspetos relacionados com a segurança operacional (*safety*). Assim, a análise de segurança no âmbito do desenvolvimento do PMI para o UAS ANTEX-X02 englobará o *Systems Engineering* e o *Safety Assesment* como metodologias de engenharia para determinação, entre outros aspetos, o sistema de falhas das funções de cada um dos *Maintenance Significant Items* que vierem a ser definidos (no âmbito do respetivo processo).

a. Systems Engineering/Type Certification Basis

A engenharia de sistemas, *Systems Engineering*, é um processo interdisciplinar que: (1) traduz uma necessidade operacional em especificações de desempenho e de configuração do sistema; (2) incorpora todos os requisitos físicos e funcionais para atingir um projeto ótimo; e (3) integra fatores como facilidade de manutenção, a fiabilidade, a segurança, o desempenho e considera todo o ciclo de vida do sistema (IncoSE, 2015).

Segundo o Chefe da Seção de Estruturas da DEP, Duarte (2014), “os PMI são desenvolvidos para a sustentação da aeronave, (...) e para que qualquer sistema aéreo cumpra determinada missão, a definição dos requisitos funcionais ou de certificação garante que, ao longo do ciclo de vida conserve os requisitos de aeronavegabilidade e de segurança da operação”.



Acrescenta ainda que “através do *Systems Engineering*, desencadeia-se o envolvimento das entidades com responsabilidade no projeto logo na fase de definição de requisitos do projeto, o que garante o *Commum Understanding* dos requisitos do projeto”.

Uma vez que no setor militar não existe regulamentação semelhante a CS-23 ou CS-25, e procurando ultrapassar essa lacuna fundamental, a Agência Europeia de Defesa, *European Defense Agency* (EDA), desenvolveu um processo semelhante ao executado na fase de definição de requisitos de um processo de *Systems Engineering*, designado de *Type Certification Basis* (TCB). Assim, e com o intuito de auxiliar à verificação da aeronavegabilidade de todos os sistemas aéreos tripulados e não tripulados foram definidos os critérios de certificação de aeronavegabilidade militares europeus (EDA, 2014). Estes critérios têm como finalidade permitir uma análise sistemática e disciplinada dos requisitos de certificação pelas Autoridades Aeronáuticas Nacionais Militares, *National Military Airworthiness Authorities*, a fim de adequar o TCB a uma aeronave específica (EDA, 2014). O TCB identifica os requisitos aplicáveis aos quais o fabricante de uma aeronave deve demonstrar conformidade de modo a obter o *Military Type Certificate*, (EDA, 2014), conforme se ilustra na Figura nº 2.

Os EMACC utilizam como referência os vários códigos de certificação existentes, tais como: a DEF STAN 00-970, o *Joint Service Specification Guides* dos EUA, as Especificações de Certificação da EASA e os acordos de normalização (STANAGS) da NATO. A materialização desta prática é o procedimento da CAA (2002), que assenta em “... *a starting point for suitable requirements for UAVs could be reached by taking the existing requirements for manned aircraft and deleting the paragraphs which address the cabin environment and the protection of occupants*”. A CAA desenvolveu um método analítico de comparação para determinar qual o código de certificação a adotar, baseado no pressuposto de que a capacidade de uma aeronave para lesar terceiros é amplamente proporcional à sua energia cinética no impacto (ver Apêndice B). No entanto, considera-se que, “*for unmanned air support or combat air vehicles, STANAG 4671 or DEF STAN 00-970 Part might be considered as the Primary Certification Code (PCC)*” (EDA, 2014).

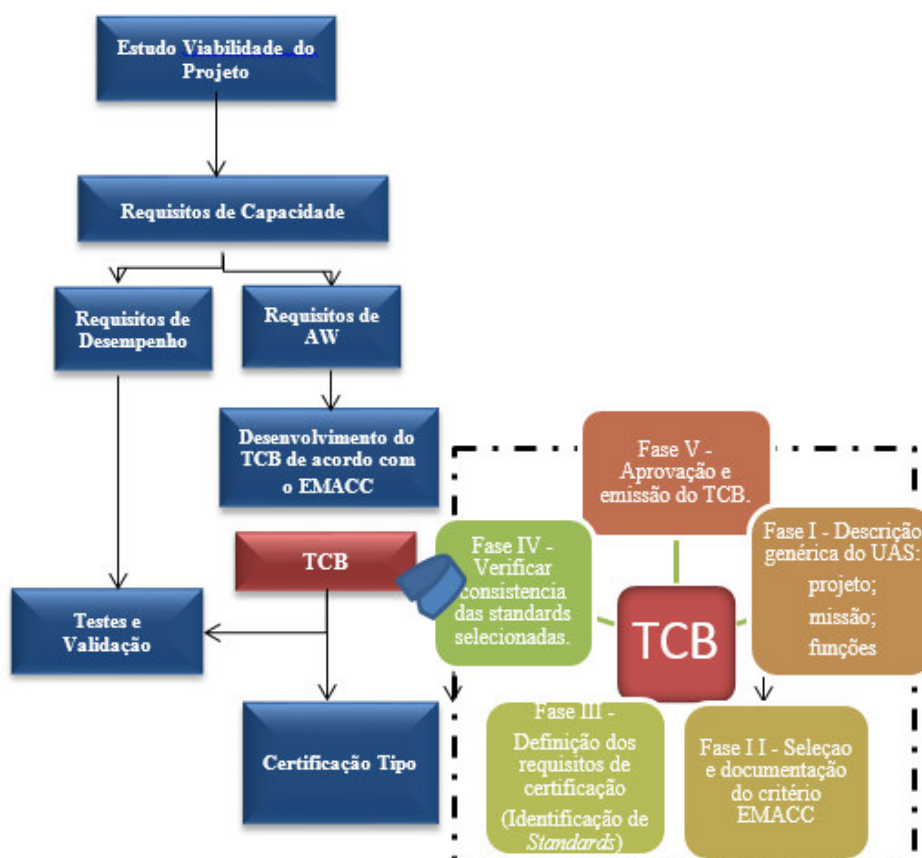


Figura nº 2 - Processo de Desenvolvimento do *Type Certification Basis*

(Fonte: adaptado de EMACC, 2014)

b. *Safety Assesment Analysis*

As análises de avaliação de segurança (*Safety Assesment Analysis-SSA*) são aplicáveis aos novos sistemas, operações e processos e têm como objetivo demonstrar que um nível aceitável de segurança de operação é atingido (ver Apêndice A1). Consubstancia-se através da avaliação dos perigos⁵ identificados, recomendação de precauções e/ou alterações de projeto (Cabaço, 2010). As SSA avaliam as funções dos sistemas e classificam-nas através do índice

⁵ Perigo corresponde a uma situação que a ocorrer origina falha total ou parcial.



de risco (*Hazard Rate* - HIR). Esta análise realiza-se em sete etapas: a avaliação de sistemas (funções) e definição de critérios de segurança; a identificação dos riscos; estimativa da severidade das consequências dos riscos; a avaliação da probabilidade ocorrência dos riscos; a estimativa do risco; a aceitabilidade do risco ou mitigação e a documentação da avaliação de segurança (Cabaço, 2010). Constata-se na Figura nº 3, que para HIR baixos, o risco identificado é inaceitável. O objetivo de qualquer projeto é maximizar a HIR para minimizar os problemas de segurança.

			HAZARD SEVERITY CATEGORY			
			I CATASTROPHIC Death or System Loss	II CRITICAL Severe Injury, Occupational Illness, or Major System Damage	III MARGINAL Minor Injury, Occupational Illness, or System Damage	IV NEGLIGIBLE Less than Minor Injury, Occupational Illness, or System Damage
H A Z A R D P R O B A B I L I T Y O F O C C U R R E N C E	A	FREQUENT <ul style="list-style-type: none">Likely to occur frequentlyContinuously experienced	1	3	7	13
	B	PROBABLE <ul style="list-style-type: none">Will occur several times in the life of an itemWill occur frequently	2	5	9	16
	C	OCCASIONAL <ul style="list-style-type: none">Likely to occur sometime in the life of an itemWill occur several times	4	6	11	18
	D	REMOTE <ul style="list-style-type: none">Unlikely, but possible to occur in the life of an itemUnlikely, but can be reasonably expected to occur	8	10	14	19
	E	IMPROBABLE <ul style="list-style-type: none">So unlikely, assume it may not occurUnlikely to occur, but possible	12	15	17	20

Índice do Risco
1-5 (Inaceitável)
6-9 (Indesejável)
10-17 (Aceitável c/ melhorias)
18-20 (Aceitável s/ melhorias)

Figura nº 3 - Matriz da Severidade do Risco.

(Fonte: adaptado da LOCKHEED MARTIN, 2009)



Nesse sentido, Dorés (2014) preconiza que “o desenvolvimento do *Maintenance Review Board Document* para UAS está associado ao desenvolvimento da *Safety Assessement Analysis* tendo esta que garantir que cada sistema tem a probabilidade de falha estipulado”.

4. Reliability Analysis

A análise de fiabilidade é uma disciplina de engenharia que aplica várias técnicas matemáticas para a medição e previsão da fiabilidade dos componentes e sistemas. As análises de fiabilidade, no âmbito do desenvolvimento de PMI englobarão a compilação de dados fiabilísticos dos sistemas do UAS necessários à aplicação da metodologia MSG-3, com o propósito da determinação das tarefas de manutenção que salvaguardarão os requisitos de aeronavegabilidade.

a. Compilação de dados Fiabilísticos dos sistemas

O desconhecimento das características das avarias, nomeadamente a frequência de ocorrência, o modo e o tipo de consequências que poderão ter impacto na segurança e ou produtividade dos bens⁶ desenvolvidos é uma problemática associada ao desenvolvimento de novos produtos, circunstância esta que igualmente se verifica no processo de desenvolvimento de um novo UAS.

A grande dificuldade está em determinar e prever a fiabilidade de um componente antes de ser fabricado e testado. Em 1956 foi publicado o relatório sobre técnicas de previsão de fiabilidade designado "*Reliability Stress Analysis for Electronic Equipment*" (TR-1100), da *Radio Corporation of America*, onde se apresenta uma série de modelos analíticos para estimar as taxas de avaria, sendo a antecessora direta da norma militar MIL-STD-217, publicada em 1961, muito utilizada até hoje em previsões de fiabilísticas de equipamentos eletrónicos. Ainda que não exista uma norma desta natureza para equipamentos mecânicos, foram desenvolvidos vários métodos de previsão fiabilísticos, tais como: o método das comparações emparelhadas (*Paired Comparisons*), o método Delphi, as análises morfológicas (*Morphological Analysis*) e a Análise de Modos de Falha e seus Efeitos (*Failure Mode and Effects Analysis*), entre outros.

Estes métodos provêm de abordagens formalizadas que garantem que os seus princípios sejam facilmente replicados e rastreados em auditorias subsequentes. Todavia, ainda que contenham algumas limitações, produzem genericamente resultados que podem ser sustentados

⁶ Referente a equipamentos, sistemas ou produtos.



(Zwicky, 1998). Face ao exposto, e a todo conhecimento e experiência aeronáutica da FA, julga-se existirem condições para que estas metodologias sejam utilizadas no desenvolvimento de PMI (Gonçalves, et al., 2013).

(1). Método Comparações Emparelhadas

O método das Comparações Emparelhadas (*Paired Comparisons*) pode ser genericamente descrito como sendo um processo de ordenação de todos os componentes de um bem em análise pelas taxas globais de avaria, sendo então inserido o componente cuja taxa de avaria é desconhecida nessa ordenação. A taxa de avaria desconhecida do componente é determinada por interpolação, recorrendo às taxas de avaria conhecidas dos componentes que se encontram ao seu lado na ordenação. Assume-se então que, quando não existem dados relativos a um componente, este terá um valor compreendido dentro do envelope dos restantes componentes do bem.

O procedimento, ilustrado na Figura nº 4, inicia-se efetuando uma comparação com a menor taxa de avaria da lista e decide-se se a taxa de avaria desconhecida do componente é maior ou menor que essa. Se for maior, repete-se o mesmo procedimento para a próxima maior taxa de avaria. As comparações emparelhadas continuam até a taxa de avaria desconhecida seja colocada no ponto apropriado na lista. É então, multiplicada a taxa de avaria obtida por interpolação por um fator de ponderação, e aplicados os pareceres de engenharia, de modo a obter-se a taxa de avaria associada ao bem desenvolvido (Moss, 2005). Dada a semelhança entre os sistemas que irão equipar o UAS e os que operam as aeronaves da FA, julga-se exequível a aplicação desta metodologia (Machado, 2015).

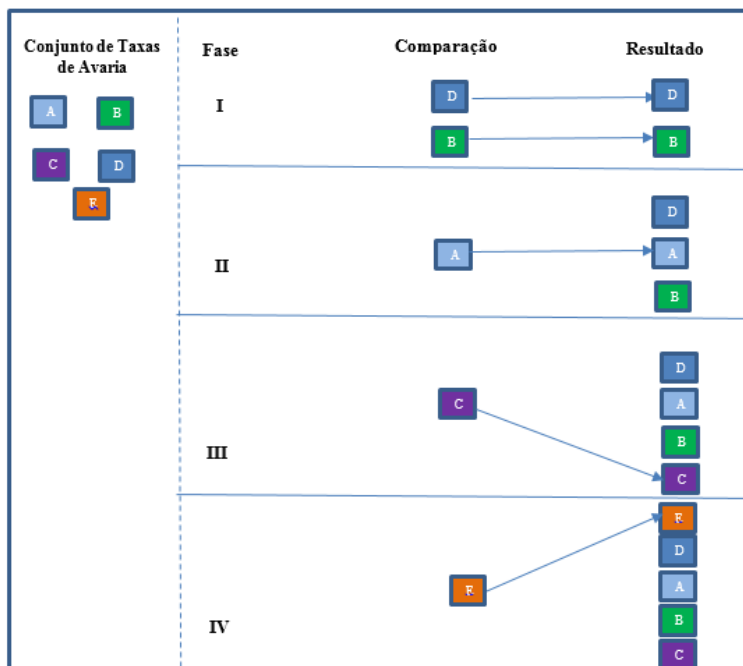


Figura nº 4 - Esquema da metodologia das Comparações Emparelhadas.

(Fonte: Adaptado de <http://pixgood.com> 29-01-15)

(2). Análises Morfológicas

O método denominado por Análise Morfológica (*Morphological Analysis*) é um dos processos utilizados na indústria para prever as características dos bens em função do tempo. Este método caracteriza-se por ser válido sempre que existam exemplos análogos e tem enorme utilidade quando não existe muita informação disponível (Vanston, 1998).

O procedimento traduz-se na comparação das características do novo bem com as de outro semelhante, definido como referência e cuja taxa de avaria é conhecida. A determinação do fator de *stress* de projeto, para posterior aplicação ao valor da taxa de avaria de referência obtém-se por comparação e consequente alocação de ponderações: aos atributos de projeto do bem (*e.g.* a tipologia, a dimensão e potência, a velocidade e a complexidade); às condições operacionais (*e.g.* modo de funcionamento, temperatura, pressão), e às condições ambientais (*e.g.* localização, proteção, tipo de manutenção), originando o valor do fator de *stress* a aplicar (Moss, 2005).

(3). Método Delphi

O método Delphi enquadra-se nas técnicas denominadas de subjetivas, intuitivas de previsão (Cuhls, 1994), baseando-se em pesquisas estruturadas, utilizando a informação



intuitiva disponível dos participantes (fundamentalmente peritos). Daí, obterem-se normalmente resultados qualitativos, embora também seja possível alguma quantificação.

Segundo McKenna (1994), o método Delphi consiste numa abordagem de investigação utilizada para conseguir consensos através de duas ou três rondas de questionários, conforme se ilustra na Figura nº 5, onde a informação e os resultados são apresentados aos peritos entre cada ronda. Após cada ronda é realizada uma análise estatística dos juízos apresentados, determinando se a média e os quartis dos prognósticos recolhidos se enquadram dentro de determinada gama, de modo a aferir a existência de consenso (Miller, 2006). O critério recomendado por Green (1982), para a obtenção de consenso é que, no mínimo, setenta por cento das respostas dadas obtenham a classificação de três ou quatro pontos na escala *Likert-type*, e a média alcançada seja no mínimo de 3,25.

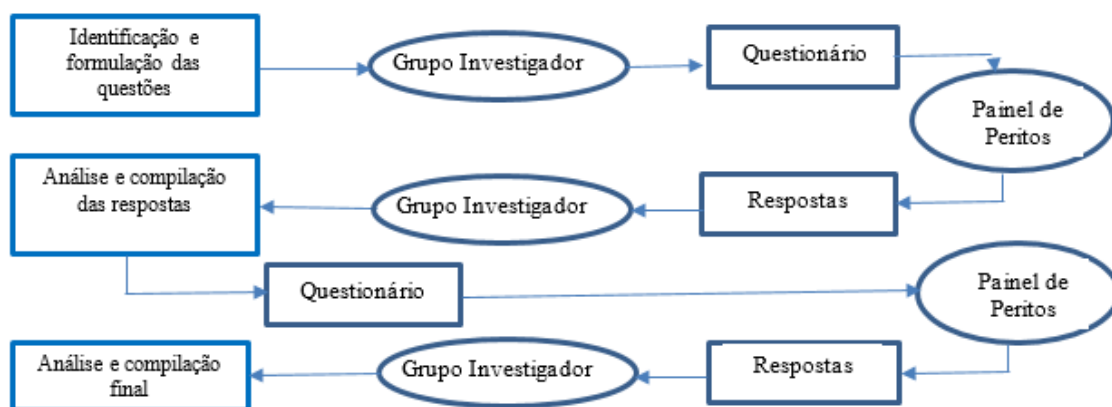


Figura nº 5 – Etapas de execução do Método de Delphi.

(Fonte: adaptado de Landetta, 1999)

(4). **Análise de Crítica dos Modos de Falha e seus Efeitos (*Failure Modes and Effect Critical Analysis*)**

A análise crítica dos modos de falha e efeitos, *Failure Modes and Effect Critical Analysis* (FMECA), é um estudo sistemático e estruturado das falhas potenciais que podem ocorrer num sistema. As análises FMECA são uma técnica de engenharia utilizada para definir, identificar e eliminar potenciais falhas de um sistema, projeto, processo ou serviço antes que estas ocorram, sendo exequível atingir a eficiência aquando da conceção de um produto e garantir que os pré-requisitos definidos foram alcançados (Stamatis, 2003).



Esta metodologia divide-se em dois tipos de análise: qualitativa, conforme se ilustra na Figura nº 6, e quantitativa. As FMECAS recorrem à utilização de dados históricos, à investigação do processo em si por uma equipa *in-loco* ou através da utilização de ferramentas como o *brainstorming* e ou fluxogramas.

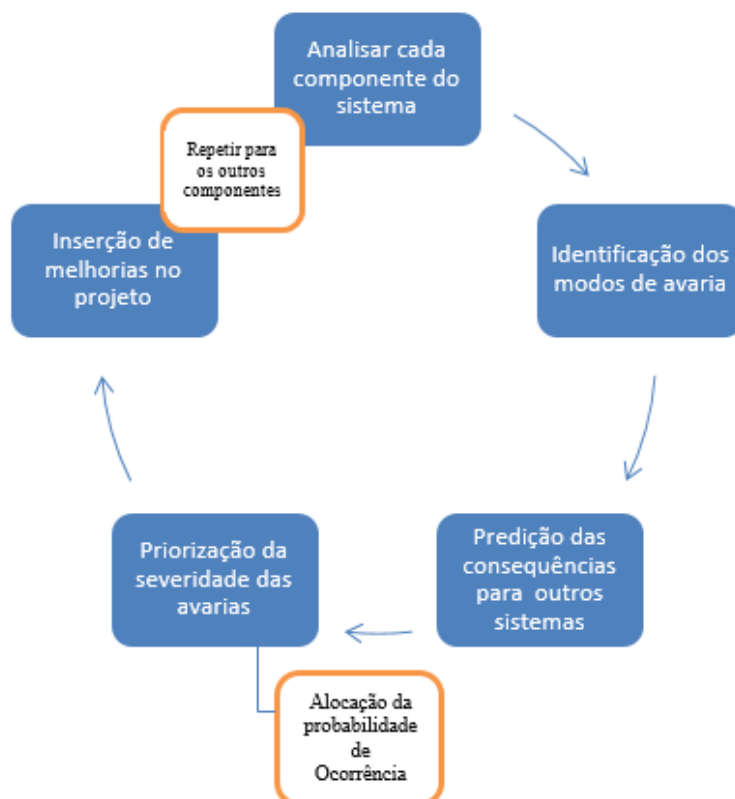


Figura nº 6 - Processo das análises FMEA.
(Fonte: Adaptado de <http://pixgood.com> 29-01-15)

A análise quantitativa desta metodologia inicia-se após serem identificados os modos de avaria do componente, assinalados os efeitos destes e apreendidas todas as causas que os originaram. Os modos de falha são classificados quanto à probabilidade de ocorrência (O) das suas causas e quanto à severidade (S) dos seus efeitos. Na classificação da probabilidade de ocorrência de cada modo de falha geralmente recorre-se ao histórico da informação das falhas já ocorridas, sendo que para a severidade das consequências deve-se ter sempre em consideração os efeitos expectáveis no desempenho funcional do sistema, nos utilizadores, e no meio envolvente (Costa e Silva, et al., 2006). O valor referente ao produto destes dois índices



(OxS) representa o risco alocado a cada modo de falha, avaliado numa matriz idêntica à apresentada nas análises do *Safety Assessment*.

Em virtude das características e aplicabilidade das metodologias atrás enunciadas, e atendendo às similitudes entre os sistemas que equipam os UAS e os que integram as aeronaves tripuladas pela FA, assim como, o vasto conhecimento de engenharia e operações de sistemas aéreos que os seus militares possuem, poder-se-á concluir que estas metodologias são exequíveis à luz da realidade da Força Aérea (Gonçalves, et al., 2013).

b. Desenvolvimento de PMI segundo Metodologia MSG-3 (Aplicação do MSG-3 ao UAS ANTEX-X02)

A lógica *Maintenance Steering Group* traduz-se numa abordagem orientada para a tarefa que deriva dos requisitos de manutenção identificados pelo fabricante através das *Safety Analysis*.

Esta metodologia fornece um formato padronizado de análise e de determinação das tarefas de manutenção programada da aeronave, dividindo-a em três grandes blocos: os sistemas/motor, englobando os subsistemas, os componentes e o *Auxiliary Power Unit*; as estruturas e as zonas da aeronave. Contudo, antes de se iniciar a análise será necessário identificar os itens críticos para a manutenção, *Maintenance Significant Items* (MSI), e os itens estruturais críticos, *Structural Significant Items* (SSI).

Os MSI e os SSI são itens identificados pelo fabricante, cuja avaria (ATA, 2003):

- Poderá afetar a segurança (no solo ou em voo), e, ou;
- Poderá ser indetetável ou suscetível de não ser detetada durante as operações, e,
- Poderá ter um impacto operacional e económico significativo.

(1). Método de análise de sistemas /motores de aeronaves

Os requisitos de manutenção dos sistemas e motores derivam da análise das consequências das falhas das funções dos MSI em termos de impactos económicos, de segurança e operação. Assim, para cada MSI identificado deverão ser elencados os seguintes aspetos (ATA, 2003):

- As funções - as ações características normais de um item;
- As falhas funcionais - como um item não cumpre a sua função;
- Os efeitos das falhas - qual é o resultado de uma falha funcional;
- As causas das falhas - por que a falha funcional ocorre.



Após analisados os aspetos anteriores e de acordo com a tipologia das consequências deverá ser selecionado uma das seguintes categorias de tarefa de manutenção: Lubrificação ou *Servicing*; *Check* Visual Operacional; Inspeção ou *Check* Funcional; Regeneração e Substituição. O esquema de análise do MSI e identificação da respetiva tarefa de manutenção é ilustrado na Figura nº 7.

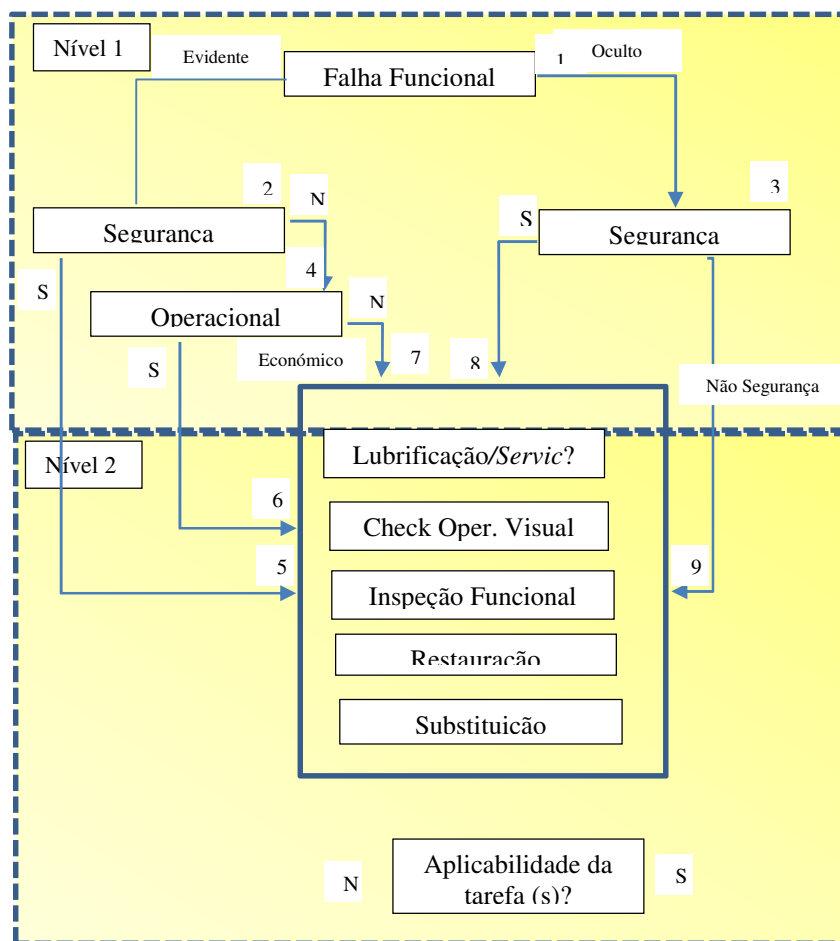


Figura nº 7 - Esquema de Análise de sistemas e motores segundo a metodologia MSG-3.

(2). Método de análise das estruturas de aeronaves

A análise preconizada para as estruturas das aeronaves é constituída por várias etapas, sendo a primeira a determinação dos vários componentes estruturais da aeronave, nomeadamente: as estruturas críticas (*Significant Structure Item – SSI*), que poderão ser ou não elementos estruturais principais (*Principal Structure Element - PSE*), e as outras estruturas (*Other Structure*) (ATA MSG-3, 2007).



Os requisitos de manutenção de estruturas são definidos através da análise dos SSI em relação à probabilidade de sofrerem: danos acidentais (*Accidental Damage - AD*); degradação ambiental (*Environment Deterioration - ED*) e danos por fadiga (*Fatigue Damage - FD*). Estas três condições determinarão a tarefa de inspeção necessária, designadamente: a Inspeção visual geral (GVI), a Inspeção detalhada (DET) e a Inspeção detalhada especial (SDI) (ATA, 2007).

O procedimento para o desenvolvimento de um programa de manutenção estrutural é ilustrado pelo diagrama lógico da Figura nº 8.

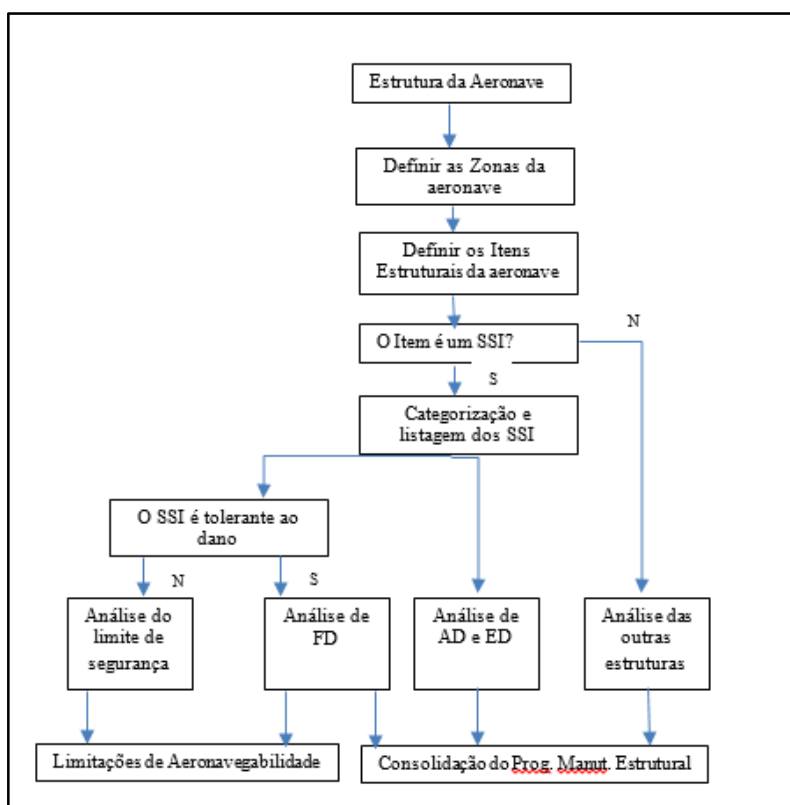


Figura nº 8 -Esquema do desenvolvimento do programa de manutenção de estruturas. (Fonte: adaptado ATA,2003)

(3). Método de análise das zonas das aeronaves

O procedimento de análise das zonas das aeronaves permite a determinação das inspeções de zona, sendo sempre antecedido das análises aos sistemas e estruturas, para que as inspeções daí resultantes sejam também consideradas. Deste modo, os requisitos da manutenção de zona são determinados através da análise a cada zona concernente a danos acidentais, ambiente operacional e aos acessos. Estas avaliações são submetidas a um sistema de ponderação, que será convertido em tarefas de manutenção, nomeadamente, inspeção visual global (*General Visual Inspection - GVI*), Inspeção detalhada (*Detailed Inspection - DET*) e



Restauração/Regeneração (*Restoration – RST*). O desenvolvimento do programa de inspeções de zona é ilustrado pela Figura nº 9.

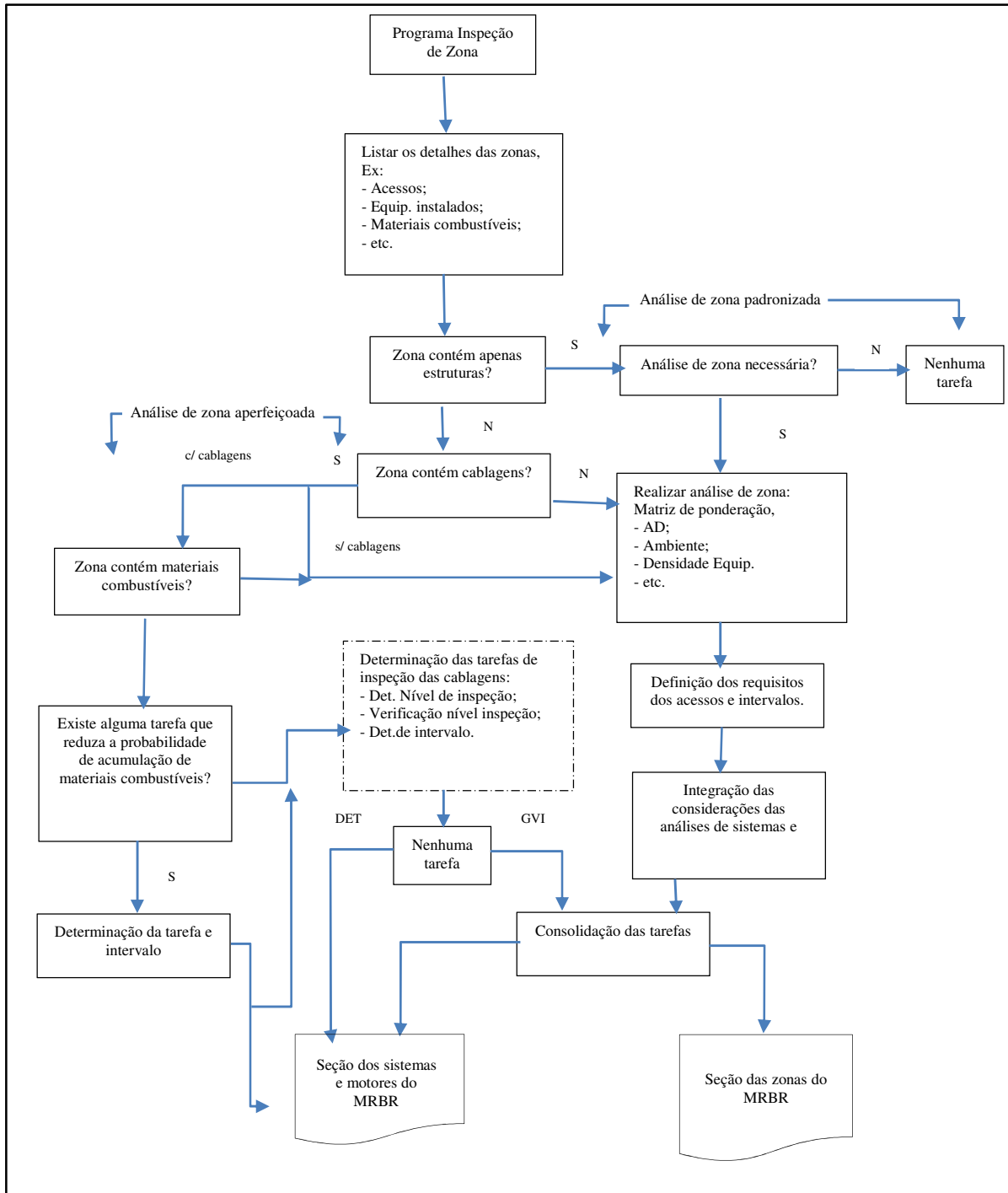


Figura nº 9 - Esquema do desenvolvimento do programa de inspeção de zona. (Fonte: adaptado ATA, 2003)



Em virtude do que anteriormente foi descrito para sistemas, estruturas e zonas, podemos concluir que a aplicação desta metodologia tornar-se-á mais ou menos detalhada dependendo da complexidade e da quantidade dos sistemas que equipam as aeronaves (Machado, 2015).

c. De que forma a FAP pode contribuir para a melhoria do processo de desenvolvimento de um PMI para UAS.

Os UAS em Portugal ainda estão numa fase embrionária. Contudo, a FA, nomeadamente o CIAFA através da sua experiência no desenvolvimento e operação destes sistemas, faculta à comunidade dos UAS em Portugal um conhecimento e um conceito de operação sólido (Uavision, 2014), (CEIIA, 2015).

A AAN, embora criada recentemente, desenvolve inúmeras atividades, apesar da escassez de recursos humanos. Para colmatar este constrangimento, “o despacho nº 241/13 do CEMFA define que a FA prestará apoio à AAN com os recursos julgados necessários” (Machado, 2015), permitindo assim criar sinergias. Fundamentado nesse despacho encontra-se então o amplo apoio facultado pelos diversos núcleos (*e.g* núcleo de fiabilidade e avaliação da condição, núcleo de estruturas e materiais) da DEP à AAN (Machado, 2015).

No entanto, o processo de desenvolvimento de PMI para UAS poderá beneficiar grandemente dessas sinergias entre a FA e a AAN. E, segundo a representante da AAN na FA, Machado (2015), “a contribuição da FA para o processo de desenvolvimento de PMI para UAS englobará diversos aspetos, entre eles, a nomeação de um elemento para realizar a gestão, ligação entre a autoridade e fabricantes permitindo que os ajustes necessários sejam introduzidos ao longo do tempo, concorrendo assim, para que o processo de aceitação pela AAN seja mais harmonioso e menos *time consuming*”. A definição da base de requisitos de certificação, *as Safety e Reliability Analysis* relativas ao desenvolvimento de PMI poderiam ser significativamente melhoradas com os contributos das várias valências da DEP, e de algumas Divisões da FA nomeadamente: a Divisão de Recursos e a Divisão de Planeamento (Machado, 2015) e (Vicente, 2014).

Concluindo a resposta à questão “De que forma pode a FAP contribuir para a melhoria do processo de desenvolvimento de um Plano de Manutenção Inicial para UAS?”:

- Se a FAP implementar uma secção adstrita aos UAS, dotando-a de recursos humanos, em exclusividade, e aproveitando o conhecimento existente, mas disperso (*e.g* da aeronavegabilidade, legislação aeronáutica, estruturas); a experiência (*e.g*



gestão da manutenção, desenvolvimento e fabrico de UAS), reconhecidas na comunidade aeronáutica;

- Se a FAP intervir ativamente na definição do processo e da metodologia a aplicar no desenvolvimento de PMI para UAS, propondo adoção dos modelos desenvolvidos no presente trabalho;

Deste modo, na comunidade aeronáutica portuguesa, o desenvolvimento de PMI para UAS seria significativamente melhorado, assim como impulsionaria a evolução e geração de conhecimento, com vista à implementação e exploração da capacidade UAS na FAP (Pais, 2013, p. 90).

A estratégia de investigação adotada alicerçou-se em análise bibliográfica e em entrevistas semiestruturadas a diferentes entidades militares e civis, obrigando à ordenação e preparação dos dados e à exposição dos contextos, conduzindo à formulação da seguinte hipótese: “A Metodologia MSG-3 é adequada ao desenvolvimento de PMI para UAS”. O aprofundamento do conhecimento e a validação da hipótese formulada seriam o ponto de partida para futuros trabalhos de investigação.



5. Conclusão

Neste trabalho de investigação pretendeu-se identificar os processos e as metodologias aplicáveis ao desenvolvimento de um PMI que possa contribuir para certificação de aeronavegabilidade dos UAS. Embora a FA e o MDN definam qual a estratégia para os UAS através de documentos próprios, que passa pelo desenvolvimento de UAS da classe II e pela aquisição de UAS da classe III, o tema do trabalho de investigação dá enfoque ao UAS ANTEX-X02 da classe I. Neste sentido, a pesquisa efetuada foi orientada segundo as vertentes processual e técnica, a serem aplicadas ao desenvolvimento de PMI para UAS. As vertentes são de carácter genérico para permitir a generalização dos processos, não sendo específico de uma determinada classe de UAS.

Pretendendo-se contribuir para a criação do conhecimento necessário à implementação e exploração da capacidade UAS na FAP, através da identificação das linhas orientadoras para desenvolvimento de um PMI para UAS, foi formulada a seguinte pergunta de partida: De que forma pode a FAP contribuir para a melhoria do processo de desenvolvimento de um Plano de Manutenção Inicial para UAS?

Para determinar a resposta a esta questão, no estudo recorreu-se à Metodologia de Investigação Indutiva, cujo *design* de investigação é o estudo de caso do UAS ANTEX-X02, por se pretender descrever de forma rigorosa a unidade de observação.

No primeiro capítulo procedeu-se à revisão da literatura com intuito de contextualizar a temática do desenvolvimento de PMI para UAS. A sua importância integrada na visão estratégica da FA e do MDN relativa aos UAS, a sua pertinência relativa ao processo de certificação de aeronavegabilidade foram salientadas. Em virtude de atualmente ainda não existir legislação própria para a certificação de UAS, foram analisadas as publicações emanadas pelas Entidades aeronáuticas na Europa e nos Estados Unidos da América (EASA, ICAO) de modo a serem obtidas pistas orientadoras da investigação. No entanto, e partindo do pressuposto que os UAS serão num futuro próximo uma capacidade das FFAA, deverão assim mesmo, ser submetidos a procedimentos de certificação e validação. As entidades referidas, unanimemente preconizam a adoção da legislação aplicável às aeronaves tripuladas no que à certificação aeronavegabilidade de UAS diz respeito. Sendo o MRB o meio por excelência utilizado no desenvolvimento de PMI para os produtos em operação ou em utilização no setor aeronáutico.

No segundo capítulo, foi elaborado um estudo relativo ao processo de MRBR, abordando o seu enquadramento, a sua aplicabilidade, e os seus intervenientes.



O processo padronizado MRB utiliza a lógica MSG-3, é utilizado como meio aceitável para desenvolver as instruções de manutenção programada, garantindo a obtenção de planos de manutenção eficientes. Este processo tem como objetivos principais: ajudar na organização do projeto; ajudar os fabricantes a estabelecerem um PMI para aeronaves, e as entidades reguladoras na aprovação desse plano. A metodologia analítica MSG-3 é oficialmente reconhecida pela FAA, EASA e ICAO e baseia-se na Manutenção Centrada na Fiabilidade.

O MRB consiste em vários grupos de trabalho, compostos por especialistas selecionados entre as autoridades reguladoras, operadores, fabricantes entidades detentoras de certificados tipo que utilizando a lógica MSG-3 desenvolvem e propõem um conjunto de tarefas de manutenção para um tipo específico de aeronave. Coordenados por um Comité Gestor da Indústria, estes grupos de trabalho suportam o desenvolvimento de uma proposta ou um relatório contendo os requisitos iniciais mínimos de manutenção a serem utilizados no desenvolvimento de um plano de manutenção para uma aeronave.

Compreendido o processo que medeia o desenvolvimento de Planos de Manutenção Inicial (MRBR), procurou-se definir a uma possível adaptação aos SANT.

As atividades conducentes ao desenvolvimento de um PMI de aeronaves poderão ser divididas em dois blocos: o do *Safety Analysis* e o da *Reliability Analysis*. Assim, no terceiro capítulo foram apresentadas algumas características e a aplicabilidade das metodologias consideradas para *Safety Analysis*, nomeadamente: *Systems Engineering*, processo interdisciplinar que traduz uma necessidade operacional em especificações de desempenho e de configuração do sistema, incorpora todos os requisitos físicos e funcionais para atingir um projeto ótimo, e considera todo o ciclo de vida; e a *Safety Assessment Analysis*, que avaliam os perigos identificados, demonstram se um nível aceitável de segurança de operação foi atingido.

Este processo caracteriza-se pelo envolvimento próximo de todas as entidades responsáveis logo na fase de definição de requisitos, o que garante o “*Commum Understanding*” dos requisitos do projeto e harmonização posterior processo de certificação.

Terminada que foi a perceção geral da aplicabilidade e características e procedimentos inerentes às *Safety Analysis*, seguiu-se realização de um processo semelhante mas agora para as *Reliability Analysis*. No âmbito da presente investigação, as análises de fiabilidade englobaram metodologias de compilação de dados fiabilísticos referentes aos sistemas que



equipam o UAS, para posterior aplicação da metodologia MSG-3, com o intuito de determinar as tarefas de manutenção que conservam a certificação de aeronavegabilidade permanente.

No quarto capítulo foram então apresentadas características e potencialidades de algumas das metodologias aplicáveis às *Reliability Analysis*, tais como: *Paired Comparison*; *Delphi Method*; *Morphological Analysis*, a Análise da Criticidade dos Modos de Falhas e das suas Consequências e o MSG-3 anteriormente referido.

O método das Comparações Emparelhadas é o processo de ordenação do conjunto de componentes do bem em análise pelas taxas globais de avaria, sendo inserido o componente cuja taxa de avaria é desconhecida nessa ordenação.

As Análises Morfológicas são caracterizadas pela comparação das características do novo bem com as de um outro semelhante (referência) cuja taxa de avaria é conhecida.

O método Delphi consiste na obtenção de dados fiabilísticos por intermédio de consensos recorrendo a várias rondas de questionários (duas ou três) onde a informação e os resultados são apresentados ao painel de peritos entre cada ronda.

As análises FMECA são uma técnica de engenharia utilizada para definir, identificar e eliminar potenciais falhas ou problemas de um sistema, projeto, processo ou serviço, sendo exequível atingir a eficiência aquando da conceção de um produto e garantir que os pré-requisitos estipulados foram alcançados. Possibilitam a avaliação sistemática e estruturada das potenciais falhas que poderão ocorrer em qualquer parte de um sistema. Em virtude das características e da aplicabilidade das metodologias atrás enunciadas, considerando as semelhanças entre os sistemas que equipam os UAS e os que integram as aeronaves tripuladas pela FA, assim como, o vasto conhecimento de engenharia e operações de sistemas aéreos da FAP, poder-se-á concluir que estas metodologias são exequíveis à luz da realidade da Força Aérea.

A lógica *Maintenance Steering Group*, conforme referido anteriormente, está implícita no processo MRB e recorre essencialmente à metodologia FMECA. A sua abordagem é orientada para a tarefa que deriva dos requisitos de manutenção e fornece um formato padronizado de análise e daí resultam as tarefas de manutenção programada para os sistemas/motores, as estruturas e zonas das aeronaves. No entanto, é necessário previamente à análise, identificar os itens críticos para a manutenção, *Maintenance Significant Items*, assim como, os itens estruturais críticos *Structural Significant Items*. Embora, o nível de complexidade da aplicação da metodologia depende da maior ou menor quantidade de sistemas



que equipam as aeronaves. Uma breve ilustração do desenvolvimento de um PMI para o ANTEX-X02 foi realizada e encontra-se no Apêndice A, com uma breve alusão ao UAS da classe II, preconizado na visão estratégica da FA e da DGRDN.

Concluída a investigação relativa ao processo e às metodologias aplicáveis ao desenvolvimento de um PMI para UAS, era premente aferir de que forma o processo proposto poderia ser conduzido, à luz da realidade da FA, e quais os benefícios resultantes para o seu desenvolvimento.

No âmbito do processo de desenvolvimento de PMI para UAS, e decorrente da análise das entrevistas semiestruturadas foi possível aferir que este poderá beneficiar substancialmente, quer da partilha de recursos atualmente existentes entre a FA e a AAN, mas também da disponibilização do vasto conhecimento e experiência organizacionais da FA.

À pergunta central “De que forma pode a FAP contribuir para a melhoria do processo de desenvolvimento de um PMI para UAS?” concluiu-se que, se a FAP criar uma secção adstrita aos UAS, se a dotar de recursos humanos em exclusividade, aproveitando o conhecimento e experiência existente, participar ativamente na definição do processo e das metodologias a aplicar no desenvolvimento de PMI para UAS, recomendando adoção do modelo proposto no presente trabalho, a evolução e geração de conhecimento neste campo seria significativamente incrementado.

A investigação realizada através de análise bibliográfica, e de entrevistas semiestruturadas a diferentes entidades militares e civis, obrigou a uma ordenação e preparação dos dados e à exposição dos contextos que conduziu à formulação da seguinte hipótese: “A Metodologia MSG-3 é adequada ao desenvolvimento de PMI para UAS”. Tendo sido reiterado por várias entidades entrevistadas, que o processo MRB subordinado ao MSG-3 auxilia: “na organização de projeto, no desenvolvimento pelo operador aéreo de um programa de manutenção inicial aprovado para aeronaves, assim como às entidades reguladoras na aprovação desse programa”.

O processo e a metodologia propostos na presente investigação constituem uma mais-valia para o desenvolvimento de UAS, nomeadamente para: a comunidade aeronáutica nacional e a indústria nacional de UAS. Numa perspetiva interna, os resultados do presente trabalho revestem-se de particular utilidade para a FA, na medida em que contribui para o desenvolvimento futuro do UAS da classe II. O conhecimento nesta área trará vários benefícios: 1) otimização do processo de desenvolvimento do PMI para UAS; 2) customização do PMI



assente na tipologia das missões das FFAA; 3) otimização dos recursos aplicados na sustentação do sistema de armas; 4) formulação de uma hipótese relativa à metodologia de desenvolvimento de PMI.

Assim, o aprofundamento do conhecimento e a validação da hipótese seriam o arranque para futuros trabalhos de investigação.

Face ao exposto, recomenda-se:

a. Ao CEMFA, enquanto AAN que:

- (1) Defina em harmonia com o fórum MAWA, o processo e os requisitos para o desenvolvimento de PMI para UAS, ou;
- (2) Recomende a adoção do processo e metodologias propostos no presente trabalho de investigação.
- (3) Crie uma secção adstrita aos UAS, dotando-a de recursos humanos, em exclusividade.

b. Ao CLAFA:

- (1) Adapte e complemente os processos necessários ao desenvolvimento de PMI para UAS que concorram para a certificação de aeronavegabilidade.
- (2) Estude a viabilidade do processo e da metodologia propostos relativos ao desenvolvimento de PMI para UAS.

c. Ao IESM que:

- (1) Promova a inclusão, em futuros trabalhos, a validação da hipótese “A Metodologia MSG-3 é adequada ao desenvolvimento de PMI para UAS”.

d. À AFA:

- (1) Adapte e complemente os processos necessários ao desenvolvimento de PMI para UAS que concorram para a certificação de aeronavegabilidade.



Bibliografia

- AAN, 2013. *Emissão de Licenças Especiais de Aeronavegabilidade para Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas*. Alfragide: EMFA.
- Ackert, S., 2010. *Basics of Aircraft Maintenance Programs for Financiers*. s.l.:s.n.
- Adams, C., 2009. *www.aviationtoday.com*. [Online]
[Acedido em 02 11 2014].
- Ahmadi, A., 2010. *Ahmadi, A., (2010), Aircraft Scheduled Maintenance Programme Development Decision Support Methodologies and Tools, Doctoral Thesis .. Sweden: Lulea University of Technology*.
- Ahmadi, A., Söderholm, P. & Kumar, U., 2007. 'An overview of trends in aircraft maintenance program development: past, present, and future. Em: *Risk, Reliability and Societal Safety: Proceedings of the European Safety and Reliability Conference 2007 (ESREL 2007)*.. Norway: Taylor and Francis Group, pp. 2067-2076.
- AR, 2013. *Define as Competências, a Estrutura e o Funcionamento da Autoridade Aeronáutica Nacional-Lei n.º 28/2013*. Lisboa: Diário da República, 1.ª série — N.º 72.
- ATA, 2003. *Airline/Manufacturer MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT DOCUMENT*. s.l.:ATA.
- ATA, 2005. *Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development*, Washington, D.C: Air Transport Association of America..
- Ayres, R., 1969. *Technological Forecasting and Long-Time Planning*. New York: McGraw-Hill .
- Bryman, A., 2012. *Social Research Methods*. 4th ed. s.l.:Oxford.
- CAA, 2002. *AIRCRAFT AIRWORTHINESS CERTIFICATION STANDARDS FOR CIVIL UAVs..* s.l.:CAA.
- Cabaço, C. A. F., 2010. *Flight Operational Safety Assessment, Requirements for New Procedures (RNP-AR)*. Lisboa: IST.
- Carreiro, B., 2014. *Definição de um Projeto de Certificação “DOA” para a Força Aérea no sentido desta se constituir como detentora do Certificado Tipo dos UAV’S (Unmanned Aerial Vehicles)*. Pedrouços: IESM.
- Carreiro, B., 2014. *Entrevista sobre o Desenvolvimento de um Plano de Manutenção Inicial para UAs* [Entrevista] (31 Out 2014).
- CE, 2003. *REGULAMENTO (CE) N.º 1702/2003 DA COMISSÃO que estipula as normas de execução relativas à aeronavegabilidade e à certificação ambiental das aeronaves e dos produtos, peças e equipamentos conexos, bem como à certificação das entidades de projecto e produção*. Bruxelas: CE.
- CE, 2008. *European Decision N° 2008/13/R Rulemaking Activities*. Bruxelas: CE.
- CE, 2008. *REGULAMENTO (CE) N.216/2008 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO relativo a regras comuns no domínio da aviação civil e que cria a Agência Europeia para a Segurança da Aviação*. Bruxelas: CE.
- CEIIA, 2015. *Entrevista sobre o Desenvolvimento de um Plano de Manutenção Inicial para UAS* [Entrevista] (16 Fev 2015).
- CIAFA, 2014. *CSW-SEAGULL-2013-URS-03578-especificacao-requisitos-utilizador*. Sintra: CIAFA.
- Costa e Silva, S., Fonseca, M. & Brito, J., 2006. *Metodologia FMEA e sua Aplicação à Construção de Edifícios..* Lisboa: LNEC.



- Cuhls, K. a., 1994. *Outlook for Japanese and German Future Technology. Comparing Technology Forecast Survey*. s.l.: Heidelberg.
- DeGarmo, M. T., 2004. Issues Concerning Integration of Unmanned Aerial Vehicles in Civil Airspace. *Center for Advanced Aviation System Development*, p. 4.
- DGAIED, 2014a. *Estratégia de Defesa Nacional Desenvolvimento dos Sistemas Aéreos Não Tripulados*. Restelo: MDN.
- DGAIED, 2014b. *Estratégia da Defesa Nacional para o Desenvolvimento dos sistemas Aéreos Não Tripulados*. Restelo: MDN.
- Dores, D., 2014. *Entrevista sobre o Desenvolvimento de um Plano de Manutenção Inicial para UAs* [Entrevista] (20 Out 2014).
- Duarte, D., 2014. *Entrevista sobre o Desenvolvimento de um Plano de Manutenção Inicial para UAS* [Entrevista] (07 Nov 2014).
- EASA, 2009. *European Aviation Safety Agency (EASA), (2007), Comment response Document (CRD) to Notice of Proposed Amendment (NPA) 16/2005 “Policy for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Certification*, s.l.: EASA.
- EASA, 2010a. *Type Certification*. s.l.:EASA.
- EASA, 2010b. *Type Certification Basic Principles*. s.l.:EASA.
- EASA, 2010c. *Work Instruction_ Maintenance Review Board Team*. s.l.:EASA.
- EDA, 2014. *European Military Airworthiness Certification Criteria (EMACC) Guidebook*. s.l.:EDA.
- EMFA, 2013. *Visão Estratégica para Sistemas de aeronaves Não Tripuladas*. Alfragide: EMFA.
- FAA, 2004. *Advisory Circular, Airworthiness Certification of civil Aircraft, Engines, Propellers, and related products_AC N°21-23B*. USA: FAA.
- FAA, 2008. *Type Certification of Very Light Airplanes under FAR*. USA: FAA.
- FAA, 2010. *Instructions for Continued Airworthiness Responsibilities, Requirements, and Contents*. USA: U.S.Department of Transportation.
- FAA, 2013. *Technical Implementation Procedures for Airworthiness an Enviroment Certification between the FAA and EASA*. USA: FAA.
- Gonçalves, P., Sobral, J. & Ferreira, L., 2013. *Análise de fiabilidade num cenário de ausência de informação*. Covilhã, ICEUBI.
- Green, P., 1982. *The contente of a college-level outdoor ledearship course*. Spokane: American Alliance for Health.
- Hirling, O. & Holzapfel, F., 2012. *APPLICABILITY OF MILITARY UAS AIRWORTHINESS REGULATIONS TO CIVIL FIXED WING LIGHT UAS IN GERMANY*. Alemanha: Institute of Flight System Dynamics.
- ICAO, 2011. *Unmanned Aircraft Systems (UAS)*. Canada: ICAO.
- ICAO, 2013. *Airworthiness Manual*. Canada: ICAO.
- IESM, 2014. *Orientações Metodológicas para Elaboração de Trabalhos de investigação*. Lisboa: IESM.
- IGFA, 2008. *Sistema de Inspeção da Força Aérea (SIFA)*. Alfragide: EMFA.
- Incese, 2015. *What is Systems Engineering?*. [Online]
Available at: <http://www.incese.org/practice/whatissystemseng.aspx>
[Acedido em 17 02 2015].
- Lacey, L. & Stein, A., 2003. *Trends in Airline Maintenance Practices will require appraisers to alter their Methods*. Airlington: Beyer & Agnew.
- Landeta, J., 1999. *El Método Delphi. Una Técnica de Previsión para la Incertidumbre*. Barcelona: Editorial Ariel, S.A.



- Linstone, H. & Turoff, M., 1975. *The Delphi Method Techniques and Applications*. Massachusetts: Reading: Addison-Wesley.
- Machado, I., 2015. *Entrevista sobre o Desenvolvimento de um Plano de Manutenção Inicial para UAs* [Entrevista] (15 Jan 2015).
- McKenna, H., 1994. *The Delphi technique: a worthwhile research approach for nursing?*. s.l.:Journal of Advanced Nursing .
- MDN, 2014 . *Regulamento de Base em Matéria de Aeronavegabilidade, Regulamento n.º 539/2014*. Lisboa: Diário da República, 2.ª série — N.º 236.
- MFA 500-12, 2013. *Visão Estratégica para Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas*. Alfragide: EMFA.
- MILITARY AIRWORTHINESS AUTHORITIES, 2009. *THE EUROPEAN HARMONIZED MILITARY AIRWORTHINESS BASIC FRAMEWORK*, s.l.: European Defence Agency.
- Miller, L., 2006. *Determining what could/ should be: The Delphi technique and its application*. Ohio: s.n.
- Morier, Y., 2010. <http://uav.usgs.gov.com>. [Online] [Acedido em 02 11 2014].
- Moss, T., 2005. *The Reliability Data Handbook*. s.l.: Professional Engineering Publishing Limited.
- NASA, 2007. *Preliminary Considerations for Classifying Hazards of Unmanned Aircraft Systems*. s.l.:NASA/TM-2007-214539 .
- NATO, 2009. *STANAG 4671 - Unmanned Aerial Vehicle Systems Airworthiness Requirements(USAR)*, Brussels, Belgium: NSA.
- NATO, 2010. *RTO AGARDograph 300-Unique Aspects of Flight Testing Unmanned Aircraft Systems*. Brussels: NATO.
- Nautilus, 2010. *Unmanned Aerial Systems, reliability and Safety Analysis*, s.l.: Nautilus.
- Ozoli, Z., 2013. *Type Certificate and Airworthiness Certification Procedure of Unmanned Aircraft*. Brasov: AFASES.
- Pais, J., 2013. a Estratégia de Implementação e Exploração de UAS na Força Aérea Portuguesa. Em: *A Transformação do Poder Aeroespacial*. Porto: Fonteira de Caos editores Lda, pp. 59-90.
- Quivy, R. & Campenhoudt, L., 2005. *Manual de investigação em Ciências Sociais*. s.l.:Gradiva.
- ReVelle, J., 2008. *triz-journal*. [Online] Available at: <http://triz-journal.com> [Acedido em 29 01 2015].
- SAE ARP 4761, 1996. *SAE ARP 4761 GUIDELINES AND METHODS FOR CONDUCTING THE SAFETY ASSESSMENT PROCESS ON CIVIL AIRBORNE SYSTEMS AND EQUIPMENT*. s.l.:SAE.
- SAE, 1996. *Guidelines and Methods for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne Systems and Equipment*. s.l.:SAE.
- Sousa, M. B. C., 2011. *Investigação, Dissertações, teses e relatórios, Segundo Bolonha*. 3 ed. Lisboa: Lidel.
- Stamatis, D., 2003. *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*. s.l.:American Society for Quality..
- Uavision, 2014. *Entrevista sobre o Desenvolvimento de um Plano de Manutenção Inicial para UAS* [Entrevista] (05 Nov 2014).



Vanston, J., 1998. *Technology Forecasting: Na Aid to Effective Technology Management*. Austin: TechnologyFutures Inc.

Vicente, J., 2014. *Entrevista sobre o Desenvolvimento de um Plano de Manutenção Inicial para UAS* [Entrevista] (15 Out 2014).

Vicente, J., Baltazar, A., Nogueira, J. & Leitão, F., 2013. *A Transformação do Poder Aeroespacial*. Porto: Fronteira do Caos Editores, Lda.

Zwicky, F., 1998. *Morphologie and Policy Analysis, 16th EURO Conference on Operational Analysis*. Brussels, s.n., pp. pp. 353-360.



Apêndice A – Aplicação da metodologia proposta para desenvolvimento de PMI ao UAS ANTEX-X02.

A metodologia proposta para o desenvolvimento de um PMI para UAS, divide-se em dois blocos de atividades: o do *Safety Analysis* e o da *Reliability Analysis*. A ilustração da metodologia, que em seguida se apresenta, utiliza o UAS ANTEX-X02 *Extended* como objeto.

A finalidade principal dos PMI é contribuir para a sustentação das aeronaves. A definição dos requisitos funcionais ou de certificação das aeronaves garantem que, ao longo do processo de produção, na entrada em serviço e na sua operação seja garantida a conservação dos requisitos de aeronavegabilidade e de segurança. Neste sentido, as *Safety Analysis* e o *System Engineering* permitem identificar de uma forma sistemática e precisa os requisitos funcionais. A ilustração da *Safety Analysis* para o UAS ANTEX-X02 *Extended* é apresentada no Apêndice A1.

a. *Systems Engineering* _ Determinação do *Type Certification Basis*

O *Systems Engineering* através da sua abordagem metodológica e disciplinada, traduz as necessidades dos operadores de aéreos em requisitos funcionais e posteriormente, identifica as funções operacionais e os sistemas mais adequados para as desempenharem, na fase inicial do ciclo de desenvolvimento. Nas Tabelas nº 1, 2 e 3, indicam-se as funções e os requisitos operacionais do UAS ANTEX-X02 *Extended*.

Tabela nº 1 – Funções Básicas do UAS ANTEX-X02 *Extended*.

ANTEX-X02 <i>Extended</i>		
Funções Básicas	Identificação	Controle de Voo
	Gestão de Voo	Comunicações
	Controlo do Motor	Planeamento de Missão
	Sistemas de Controlo	Navegação Autônoma e/ou Rádio
	Controlos e <i>Display</i> do Auto <i>Pilot</i>	
	Aproximação e Aterragem	

Tabela nº 3 – Funções Específicas do UAS ANTEX-X02 *Extended*.

ANTEX-X02 <i>Extended</i>		
Funções Específicas de missão	Reconhecimento	Vigilância
	Deteção	<i>Target Acquisition e Seguimento</i>
	Recolha de Dados (RF, Infravermelho, Visual, Multispectral)	



Tabela nº 2 - Requisitos do UAS ANTEX-X02 *Extended*. (CIAFA, 2014).

Tipo de Missão	Militar	Civil			
	<i>Search and Rescue</i> (SaR), Fiscalização Marítima		Monitorização Ambiental		
Perfil missão	Padrão de voo	Velocidade	Alcance	Altitude	
	Descolagem e aterragem em pista terrestre adequada.	Veloc. _{cruise} : 50 nós; Veloc. _{min} : 40 nós;	300km	500-1000 Pés;	
Requisitos de projeto	Massa	Payload	Manutibilidade		
	< 25kg	≤8kg	Acessos que permitam aceder aos sistemas		
Funções operacionais	Navegação	Armamento			
	IFF <i>Transponder</i>	N/A			
Cenário de operação	<i>Search and Rescue</i>	Fiscalização Marítima	Monitorização Ambiental		
	Recolha de imagens (TV/IR) de pessoas (náufragos) dentro de água; Recolha de imagens (TV/IR) de jangadas salva-vidas; Recolha de imagens (TV/IR) de embarcações de pequenas dimensões (15 metros);	Recolha de imagens (TV) da identificação de uma embarcação de pesca (NOME, MATRICULA); Recolha de imagens (TV/IR) de embarcações de pesca em faina (i.e. com artes/redes na água).	Recolha de imagens (TV/IR) de navios em presumível lavagem de tanques; Recolha de imagens de deteção de hidrocarbonetos no seguimento da esteira de navios		
Requisitos de utilização	Limite de Ventos		Horas de operação	Ciclo de serviço	Comms
	Máximo 12 nós frente e 6 nós cruzados		5h	7h	>40MN
Requisitos de Efetividade	Fiabilidade	Disponibilidade	Manutibilidade		
	74%	80%	-----		
Bases de operação	Nº de Bases	Distribuição geográfica		Capacidade projeção	Quantidades
	01	Continente: CA; CFMTFA; Beja; Ovar	Açores/ Madeira: BA4	Transporte avião/navio	04

A correlação destas especificações operacionais origina a Arquitetura Interna Inicial dos sistemas da aeronave (ver Figura nº 1), assim como a base de requisitos de certificação (ver Apêndice A1).

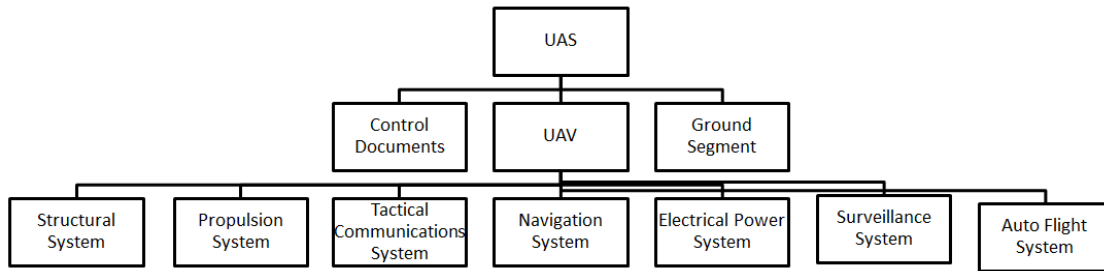


Figura nº 10 – Arquitetura Interna dos sistemas do UAS ANTEX-X02

Definida a arquitetura interna do UAS ANTEX-X02 *Extended*, e concluídas as *Safety Analysis* (ver Apêndice A1), podemos prosseguir para a compilação dos dados fiabilísticos dos sistemas, subsistemas e componentes, alocados às diversas funções, com o intuito de compreender e prever o seu provável comportamento em serviço.

b. Compilação de dados Fiabilísticos dos sistemas

Pressupondo-se que não existem disponíveis sistemas semelhantes aos que se encontram em estudo, inviabilizando assim a possibilidade de utilização de análises emparelhadas, realiza-se a compilação de dados fiabilísticos com o recurso das análises morfológicas. O sistema propulsivo do UAS ANTEX-X02 *Extended* será utilizado para ilustrar a aplicação da metodologia das análises morfológicas.

Conforme referido anteriormente, as análises morfológicas caracterizam-se por comparar as características do novo bem com as de outro semelhante, definido como referência e cuja taxa de avaria é conhecida. Recorrendo ao sistema propulsivo da aeronave CHIPMUNK e utilizando a sua taxa de avaria como referência, por comparação com os atributos de projeto do UAS ANTEX-X02 *Extended*, determinou-se o Fator de *stress* de projeto, e posteriormente calculou-se a taxa de avaria do sistema propulsivo UAS ANTEX-X02 *Extended* conforme se mostra na Tabela nº 4.

Tabela 4- Tabela resumo de determinação do Fator de *Stress* a aplicar ao sistema propulsivo.

(Fonte: Gonçalves et al, 2013)



FATOR DE STRESS											
Category	Attributes		Weight	23000							
Operation	Function	Process	M								
		Safety	H								
	Stress	Low	L								
		Medium	M			x	0				
		High	H	x	1				x	1	
	Distribution	Random	L	x	1		x	-1		x	-1
		Wearout	M								
		Burn-in	H								
	Mode	Continuous	L	x	-1		x	-1			
		Start-stop	M							x	0
		Standby	H								
	Ambient	Benign	L								
		Normal	M	x	0		x	0		x	0
		Severe	H								
	Vibration	Low	L								
Normal		M									
High		H	x	1		x	1		x	1	
Environment	Type	Nuclear	L								
		Industrial	M								
		Oversea	H	x	1		x	1		x	1
	Local	Controlled	L								
		Protected	M								
		Exposed	H	x	1		x	1		x	1
	Temperature/Humidity	Controlled	L								
Protected		M									
Extreme	H	x	1		x	1		x	1		
Soma				4		-3		-1			
Valor Médio				0,2667		-0,2000		-0,0667			
Coeficiente de Ponderação (k)				1,2030		0,8706		0,9548			

Código da Unidade de Trabalho (2300) referente ao subsistema Motor da Aeronave CHIPMUNK

O valor à taxa de avaria de referência é afetado pelo fator de *stress*, obtendo-se assim a taxa de avaria do sistema propulsivo do UAS ANTEX-02 *Extended*.

Finalizado o processo de compilação de dados fiabilísticos e condução das *Safety Analysis* para todos os sistemas, subsistemas e componentes que integram o UAS, aplica-se a metodologia MSG-3 ao desenvolvimento do PMI para o UAS ANTEX-02 *Extended* (ver Figura nº 2). Recorrendo à utilização do *software Synthesis* da *Reliasoft* procede-se à determinação das tarefas de manutenção dos sistemas, estruturas e zonas, que asseguram a conservação da fiabilidade inerente, assim como a operação em segurança do UAS ANTEX-02 *Extended*.

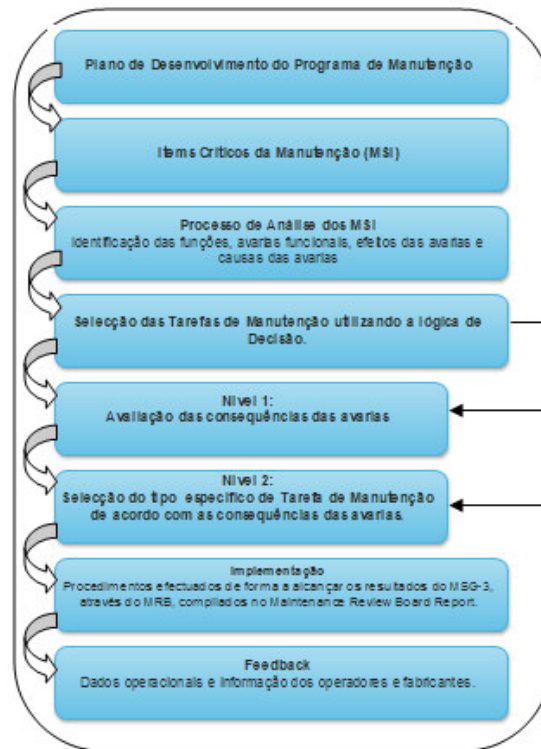


Figura nº 2 - Processo de Desenvolvimento de Programas de Manutenção através da metodologia MSG-3.

(Fonte: Gonçalves et al, 2013)

Análise MSG-3 aos Sistemas/Motores do UAS ANTEX-02 *Extended* englobou: a identificação dos MSI; a análise funcional a esses sistemas; definição e seleção de tarefas de manutenção adequadas (ver Figura nº 3).

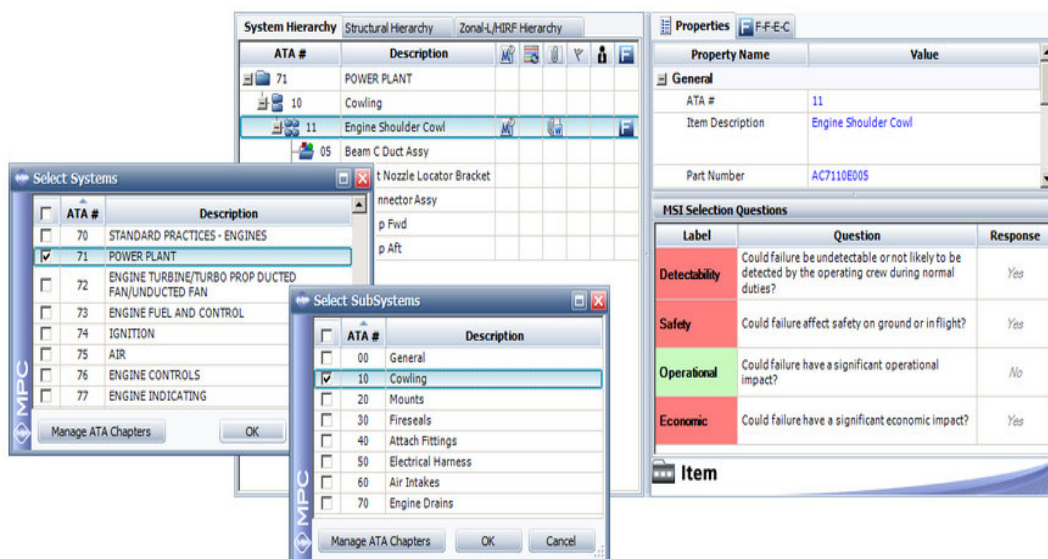


Figura nº 3 - Análise MSG3 aos Sistemas/Motores.

(Fonte: Adaptado da *Reliasoft*)



Análise MSG-3 às Estruturas do UAS ANTEX-02 *Extended* englobou: a identificação dos SSI; avaliar o risco potencial de deterioração ambiental (ED) e/ou danos acidentais (AD) das estruturas; definir as tarefas de inspeção estruturais recomendadas e identificar as principais zonas, principais sub-regiões e zonas (ver Figura nº 4).

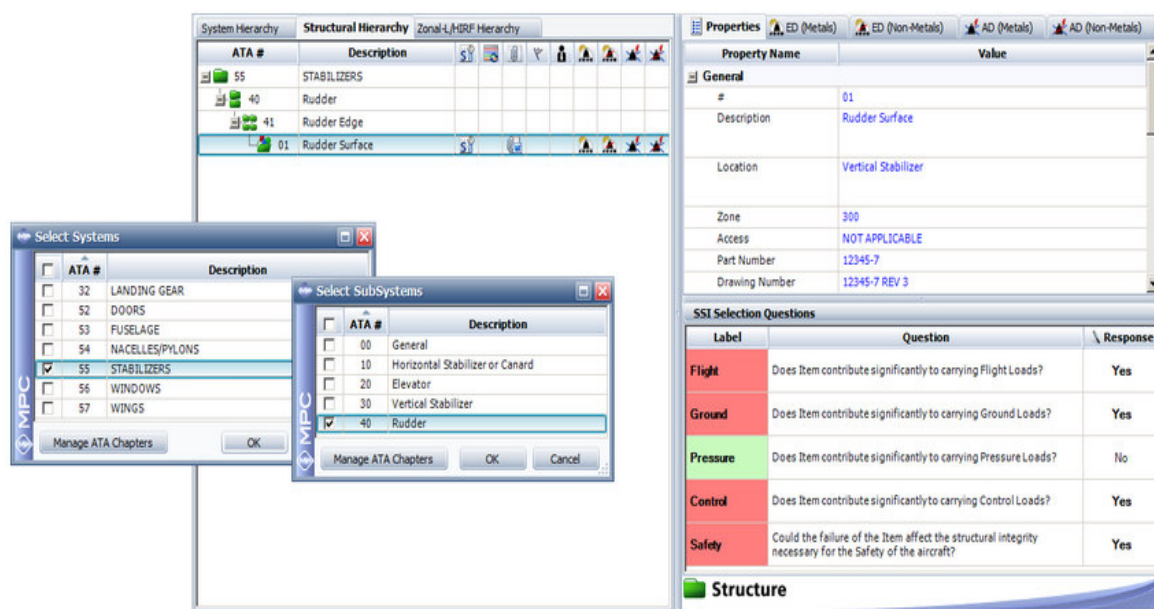


Figura nº 4 - Análise MSG-3 às Estruturas.

(Fonte: Adaptado da *Reliasoft*)

Análise MSG-3 às Zonas do UAS ANTEX-02 *Extended* englobou: a identificação da densidade de equipamentos em cada zona; determinar a probabilidade de ocorrência de danos acidentais devido ao manuseio e transporte, fatores climáticos, *lightning strike*, procedimentos de manutenção ou do operador, etc. (ver Figura nº 5).



Zonal Analysis - Properties/Ratings

Category	Rating
Density	1 - High
Likelihood of Accidental Damage	2 - Medium
Ground Handling	3 - Low
Cargo Handling	3 - Low
Weather	3 - Low
Lightning Strike	3 - Low
Ramp/Runway Debris	3 - Low
Spillage	3 - Low
Maintenance	2 - Medium
Operations	3 - Low
Density/Accidental Damage	1 (1,2)
Hostility of Environment Rating	
Hostility of Environment	2 - Medium
Atmosphere	3 - Low
Corrosive Products	3 - Low
Condensation	3 - Low
Water Entrapment	3 - Low
Extreme Temperatures	3 - Low
Vibration	2 - Medium
Overall Rating	1 (1,2)

Zonal Analysis - Wiring Inspection

Category	Rating
Density	1 - High
Size	2 - Medium
Density/Size	1 (1,2)
Fire Effects (Criticality)	
Fire Effects	1 - High
Density/Size and Fire Effects Rating	
Density/Size/Fire	1 (1,2)
Interval Determination	
Hostility of Environment	1 - Severe
Likelihood of Accidental Damage	1 - High
Ground Handling Equipment	1 - High
Foreign Object Damage	1 - High
Weather Effects (hail, etc.)	1 - High
Frequency of Maintenance	2 - Medium
Fluid Spillage	1 - High
Other	
Hostility of Environment/Accidental Damage	1 (1,2)

Zonal Analysis - Tasks

Task #	Type	Description	Interval	ZIP Candidate	Access	Remarks
001E	DET	Detailed inspection of electrical cabinet for evidence of damage to wire bundles.	6 Yr	No	Via baggage compartme...	A Restoration task is applicable an...
002E	RST	Clean the compartment	6 Yr	No	Via baggage compartme...	

Figura nº 5 - Análise MSG-3 das Zonas.

(Fonte: Adaptado da *Reliasoft*)

Concluída a aplicação da metodologia MSG-3 aos: Sistemas/Motores; às Estruturas e às Zonas do UAS ANTEX-X02 *Extended*, foram produzidos os respetivos relatórios de análise de todos os itens analisados especificando entre outros aspetos, as tarefas de manutenção alocadas e os seus intervalos de execução. Posteriormente, adotando-se o procedimento preconizado na publicação S1000D da AECMA, o teor dos relatórios poderá ser vertido no manual de manutenção do UAS ANTEX-X02 *Extended*.



Apêndice A1 - Definição dos requisitos de certificação e identificação do *standard* aplicável ao UAS ANTEX-X02 (extrato de artigo científico em submissão para a *First International Conference on Robot Ethics 2015*)

As determined in Appendice B, the Technical Publication applicable to ANTEX-X02 Extended is the CS VLA. However, in order to obtain a larger scope (application to UAS from Class II and III), will be considered as reference STANAG 4671.

Aircraft Functional Hazard Assessment (FHA) for the ANTEX-X02 Extended

a. *Safety Assesment Analysis*

Safety assessment is performed to identify, assess and eliminate (or reduce to an acceptable level) the effects of hazards. Results of this activity will represent a positive statement against system qualification and airworthiness requirements.

This analysis comprises the functional hazard assessment of the functions of the ANTEX-X02 Extended UAS. The operation of all systems employed to accomplish the functions of the aircraft were considered. The ANTEX-X02 Extended UAS is a Reconnaissance and Surveillance aircraft, equipped with an internal combustion engine, maximum speed of 89,5mph and range up to 54 nm, it has the average flight endurance is 6 hours.



Figure 1 - ANTEX-X02 *Extended* UAS.

In order to perform the FHA were defined the high level UAS function as: aviate (fly the plane), navigate (fly it in the right direction), communicate (state your condition or intentions to other people) and mitigate hazards (NASA, 2007) (SAE ARP 4761, 1996). Each of this functions were then divided in lower functions.

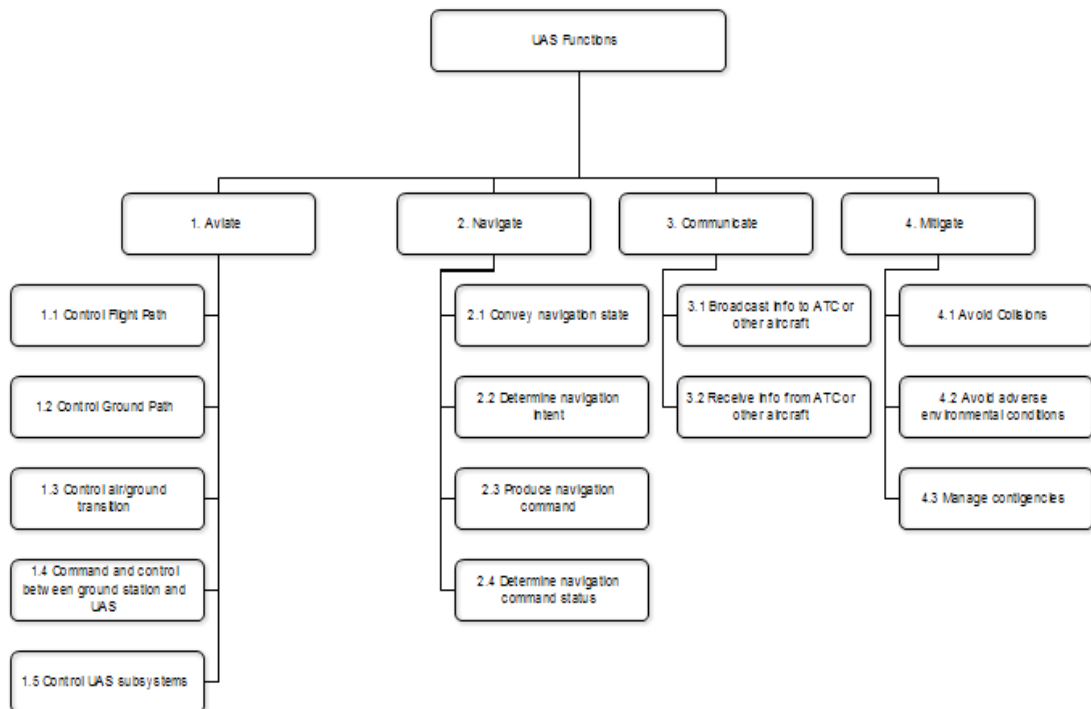


Figure 2- Top-level of the Functional Decomposition (Adapted from SAE ARP 4761).

Aviate includes not only actions involved in flying the aircraft, but also actions for moving the aircraft on the ground, providing command and control, and managing sub-systems. Navigate includes actions involved in the management and execution of a flight plan. Communicate provides functionality for the communication between the UAS, ATC and other aircraft. Mitigate includes actions such as avoiding traffic, avoiding ground objects, avoiding weather or other types of environmental effects, and handling contingencies (SAE ARP 4761, 1996).

The aircraft level FHA and associated fault tree give a preliminary set of failure conditions and associated requirements to consider at the system level. Based on the FHA safety objectives, architectural decisions were made during the conceptual design phase and it was outlined the following functional architecture of ANTEX-X02 UAS.

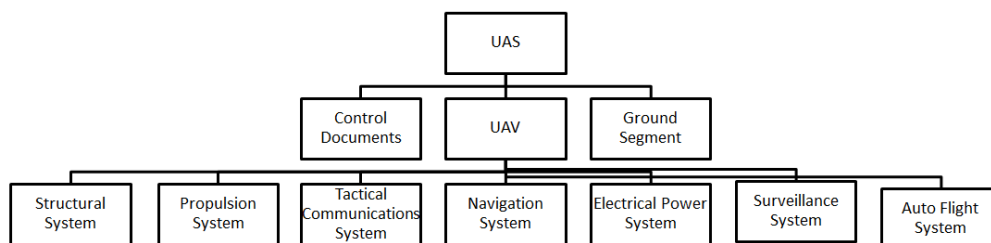


Figure 3 - Internal architecture of the UAV-ANTEX X02 Extended.

(Adapted from Gonçalves et al, 2013)

The full functional decomposition is relatively large, so for example, for function “Control UAS Subsystems”, a set of failure conditions and assumptions for the assessment were determined (see Table nº 1).



Table nº 1 - Excerpt of FHA decomposition for “Control UAS Subsystems”.

Nr	Function	Flight Phase	Failure Condition	Operational Consequence	Classif.	Remark
1.5.	Control UAS Subsystems					
1.5.1	Control power subsystems (electrical)	enroute				The power subsystems are defined as the components that generate and distribute power such as electrical generator/distributions.
1.5.1.a	Control power subsystems (electrical)	enroute	Total loss of function	Loss of the power subsystem may result in loss of control of ANTEX-X02 Extended UAS and possible out of control landing	catastrophic	
1.5.1.b	Control power subsystems (electrical)	enroute	Misleading command	Misleading info to/from the power system may result in loss of ANTEX-X02 Extended UAS and possible out of control landing	catastrophic	

The results of the aircraft FHA are the inputs to the system FHAs. The results of the system FHA are associated to system failure modes and consequences analysis (FMEA) inputs to the Preliminary Systems Safety Analysis (PSSA) process. The decision to conduct a PSSA is dependent upon the design of the architecture, complexity, the severity of the failure condition (or failure effect), and type of function performed by the system being analyzed.

Determining the likely failure modes of the functions of the UAS ANTEX-X02 Extended systems allowed the determination of systems whose functions are critical to the safety of UAS operation. And in this sense it was possible to develop and implement strategies early in the design phase to mitigate these vulnerabilities, namely: introduction of redundant systems and alert and monitoring systems.



Apêndice B – Método para determinar os requisitos de certificação a aplicar a novas aeronaves incluindo UAS (CAA, 2002).

O método proposto pela CAA compara o perigo apresentado por uma nova aeronave com o perigo de uma aeronave convencional existente, a fim de obter uma indicação do nível adequado de requisitos que devem ser aplicados. O critério de comparação assenta no facto que a capacidade de uma aeronave para lesar terceiros é amplamente proporcional à sua energia cinética aquando do impacto, definindo-se, para o efeito, dois cenários.

• **Cenário de descida não premeditada** - Uma avaria (ou uma combinação de avarias) ocorre e resulta na incapacidade de manter uma altitude segura acima da superfície. (por exemplo, perda de potência, etc).

• **Cenário perda de controlo** - Uma avaria (ou uma combinação de avarias), que resulta na perda de controlo e pode originar um impacto a elevada velocidade.

A probabilidade de descida não premeditada para várias aeronaves está relacionada com a fiabilidade dos sistemas de propulsão. Para o cálculo da energia cinética aquando do impacto, considera-se a massa, como sendo o peso (massa) máximo à descolagem e a velocidade que, é a velocidade de aproximação. Assim:

Para aviões de asa fixa $V = 1,3 \times \text{velocidade } Stalling \text{ (peso máximo à descolagem);}$ (1)

Para helicópteros $V = \text{valor escalar do vetor velocidade de autorrotação;}$

Para Dirigíveis ou Balões $V = \text{combinação da velocidade terminal resultante do peso estático, e a velocidade do provável do vento.}$

No cenário de perda de Controlo, o cálculo da energia cinética aquando do impacto, considera-se a massa como sendo o peso (massa) máximo à descolagem e da velocidade utilizada é a velocidade terminal. Assim:

Para aviões $V = 1,4 \times V_{mo} \text{ (a velocidade máxima de operação);}$ (2)

Para helicópteros $V = \text{velocidade terminal com os rotores em estacionário;}$

Para Dirigíveis ou Balões $V = \text{velocidade do terminal com o envelope com rutura ou uma rutura ou desinsuflado.}$

Para cada cenário, a energia cinética foi calculada (através da equação 1.1) para uma seleção de 28 aeronaves civis diferentes; (21 aviões e 7 helicópteros). Os resultados são mostrados nas Figura nº s 1 e 2. Em cada Figura é mostrada a "região de aplicabilidade" para cada um dos códigos existentes aplicáveis às aeronaves de asa fixa ou de asa rotativa. Essas regiões foram determinadas utilizando restrições práticas baseadas na amostra existente, para além de quaisquer limitações de peso e velocidade especificadas nos critérios de aplicabilidade dos códigos de requisitos de aeronavegabilidade.

$$E_C = \frac{M \text{ (kg)} \times V^2 \text{ kts}}{10^9} \text{ (j)} \quad (3)$$



a. Método de comparação

Para se obter a indicação do nível de exigência adequado a um novo tipo de aeronave são realizadas as seguintes etapas:

- (1). Cálculo da energia cinética da nova aeronave para cada cenário.
- (2). Com base nos valores obtidos, e com recurso às Figuras nº 1 e 2 separadamente, determinar o código adequado a ser aplicado com o intuito de prevenir a ocorrência de cada um dos cenários.

A Figura nº 1 irá fornecer uma indicação dos padrões a serem aplicados a qualquer característica do projeto, cuja avaria poderia afetar a capacidade de manter uma altitude segura acima da superfície. A Figura nº 2 irá fornecer uma indicação das normas a serem aplicadas a qualquer característica do projeto cuja falência afetaria a capacidade de manter o controlo, (em particular taxa de descida). No entanto, se se verificar que a aeronave se encaixa dentro da região de mais do que um código, então isto indica que pode ser apropriado aplicar uma combinação de padrões. (por exemplo, CS-25 com reversões da CS-23 em algumas áreas, ou CS-23 com condições especiais retiradas da CS-25).

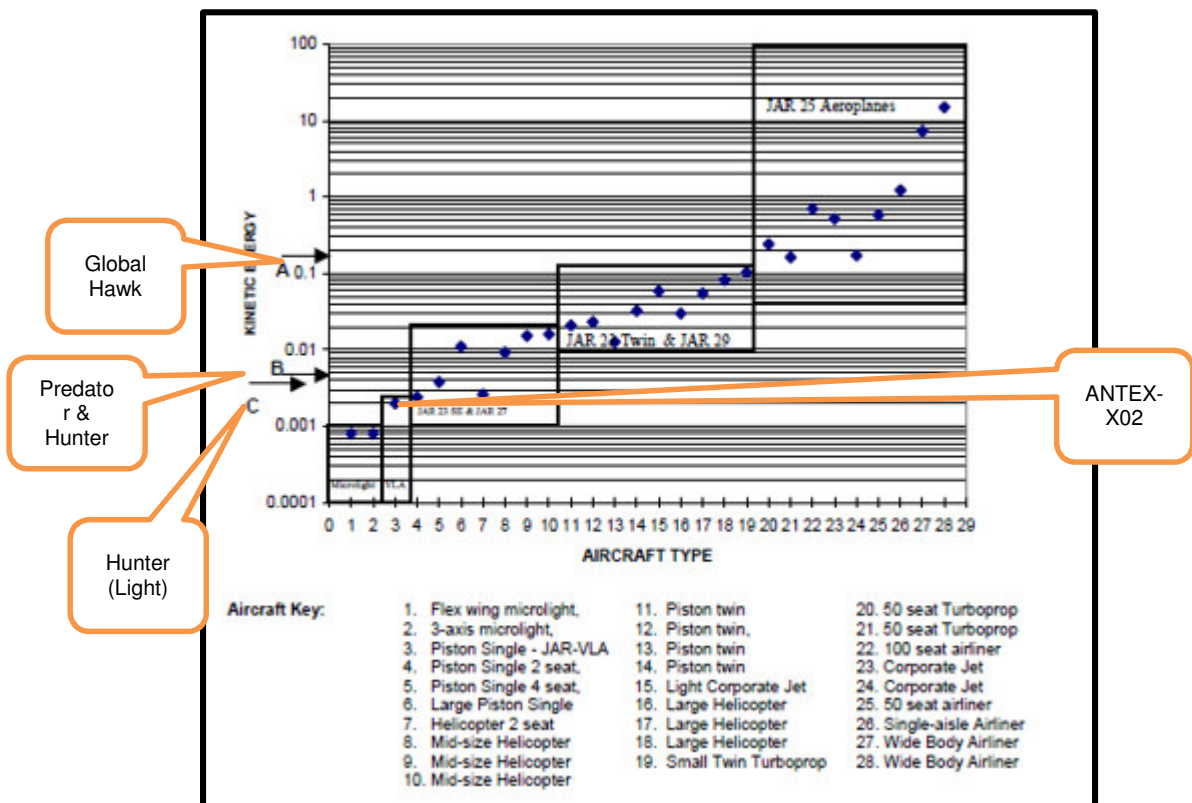


Figura nº 1 – Cenário de Descida Não Premeditada.

(Fonte; CAA, 2002)

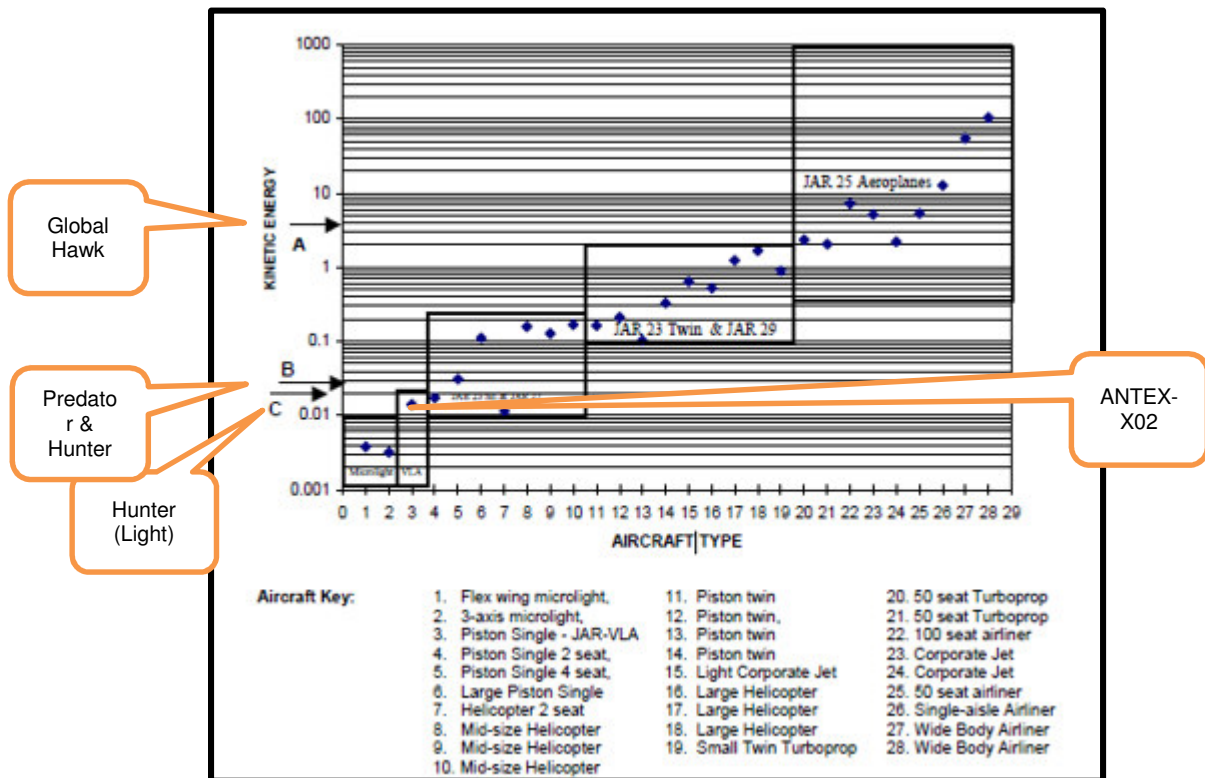


Figura nº 2 - Cenário de Perda de Controlo.

(Fonte; CAA, 2002)

a. Aplicação ao UAS ANTEX-X02 *Extended*, Considera-se (ver Apêndice A) :

- Massa = 25kg
- Velocidade de perda = 18m/s ≈ 35kts
- Velocidade máxima = 40m/s ≈ 78kts

Para o cenário da descida não premeditada, a energia cinética é calculada com base em 130% da velocidade de perda (tendo em conta a configuração de aterragem e o peso máximo à descolagem).

Cenário de descida não premeditada:
$$EC_{Ext} = \frac{25 \text{ kg} \times 1,3 \times 35 \text{ kts}}{10^9} \quad (3)$$

Assim $E_c = 0,0000517563 \approx 0,0001$

Para o cenário de perda de controlo, a energia cinética é calculada com base em 140% da velocidade máxima de operação da aeronave.

Cenário perda de controlo:
$$EC_{Ext} = \frac{25 \text{ kg} \times 1,4 \times 78 \text{ kts}}{10^9} \quad (3)$$

Assim $E_c = 0,000298116 \approx 0,0003$



Classe (Classificação NATO)	Grupo (Classificação da UK CAA)	Massa (kg)	Categoria Civil	Categoria Militar (NATO)	Entidade Reguladora Civil	Entidade Reguladora Militar
Classe I (massa <150 kg)	1	<20	<i>Small</i> UAV	<i>Micro</i> (<2Kg) <i>Mini</i> (2-20 Kg)	Nacional	Normas de Certificação NATO não aplicáveis
	2	20 - 150	<i>Light</i> UAV	<i>Small</i>	Nacional	
Classe II (massa 150 – 600 kg)	3	> 150	UAV	Tactical	EASA Aeronaves do Estado: Nacional	Certificação NATO
Classe III (massa > 600 kg)	3	> 600	UAV	Strike/Combat Hale Male	-	-

Figura nº 11 - Classificação de UAV.

(Fonte: retirado do D 3.6 Relatório Elementos para a Certificação, Adaptado de NATO UAS *Classification Guide* September 2009 JCGUAV meeting e CAP 722, UK CAA).

Correlacionando os valores obtidos de E_c para os dois cenários, as características da aeronave e tendo em consideração a classificação da NATO para os UAS, assim como a categorização existente, julga-se que para ambos os casos os ANTEX-X02 *Extended*, enquadram-se na categoria dos *Very Light Aeroplanes*.

Na Especificação de Certificação relativa aos *Very Light Aeroplanes* (CS VLA) enquadram-se as aeronaves que possuem as seguintes características:

- Peso Máximo:750kg;
- Velocidade de Perda inferior a: 45kts≈23,1m/s;
- Apenas VFR diurno;

Reitera-se que para aeronaves que se enquadrem nesta publicação não existe a obrigatoriedade de realização do processo MRB. No sentido de se obter uma maior abrangência (UAS Classe I, II e III) e fundamentar a aplicação da metodologia proposta, será considerada como publicação de referência a CS-23 e o STANAG 4671 com as devidas adaptações para os UAS.