



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Engenharia

# Dos desafios da manutenção de aeronaves

**Hugo Miguel Lobo da Fonseca**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Aeronáutica**  
(Ciclo de estudos integrado)

Orientador: Prof. Doutor José Manuel Mota Lourenço da Saúde

**Covilhã, Abril de 2016**

(Página intencionalmente deixada a branco)

# Dedicatória

Gostaria de dedicar esta dissertação à minha namorada e família.

(Página intencionalmente deixada a branco)

# Agradecimentos

Quero agradecer a todos que me apoiaram na elaboração desta dissertação.

Agradeço ao meu orientador da Universidade da Beira Interior, ao Professor Doutor José Manuel Lourenço da Saúde, pela disponibilidade e apoio que sempre demonstrou, pela orientação prestada.

Agradeço a esta Universidade, a todos os professores de mestrado e aos meus colegas que de alguma maneira contribuíram para a minha formação.

Por fim agradeço em especial, á minha família e namorada que foram o meu suporte durante a elaboração da tese.

Um grande BEM-HAJA a todos.

(Página intencionalmente deixada a branco)

# Resumo

As actividades de manutenção aeronáutica são uma parte essencial da continuidade de aeronavegabilidade, tendo como objectivo, tanto na área civil como militar, assegurar a total condição de serviço das aeronaves.

O crescimento do transporte aéreo mundial e um conseqüente aumento do transporte de passageiros tem obrigado a que a indústria de serviços de Manutenção, Reparação e Revisão geral (MRO) seja capaz de assegurar tais serviços com uma alta segurança de voo.

Neste contexto, o principal objectivo do presente estudo é alargar o conhecimento acerca da situação actual da manutenção aeronáutica de modo a perspectivar que desafios se colocam aos desenvolvimentos.

Para tal, inicia-se com uma exposição de conceitos básicos e definições da manutenção aeronáutica em geral. A seguir, examina-se o contexto nacional, mais concretamente a TAP e a OGMA que dominam este segmento de indústria em termos de emprego, investimento e volume de negócios. Caracteriza-se o estado da arte da manutenção em termos globais designadamente no sector MRO, com ênfase em quatro delas.

O final, contém informação acerca dos desafios perseguidos pelas empresas de manutenção aeronáutica ao nível da eficácia do processo e alguns desenvolvimentos tecnológicos no âmbito da manutenção aeronáutica.

A dissertação permitiu concluir a importância dos planos de manutenção de aeronaves na gestão da continuidade da aeronavegabilidade. Também se concluiu que as mudanças em termos de tecnologia no âmbito da manutenção encontram algumas dificuldades.

## Palavras-chave

Manutenção aeronáutica, MRO

(Página intencionalmente deixada a branco)

# Abstract

The aircraft maintenance activities are an essential part of the continuity of airworthiness, having as a goal, both in civil as in military area, to ensure complete service condition of the aircraft.

The increase of global air transport and the consequent growth of passenger traffic have caused the services industry of Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) are able to guarantee such services with high flight safety.

In this context, the main purpose of this study is to extend the knowledge about the current situation of the aircraft maintenance in order to foresee what challenges are being developed.

To this end, this text begins with a brief description of basic concepts and definitions of the aircraft maintenance in general. The following examines the national context, more specifically TAP and OGMA that dominate the industry segment in terms of employment, investment and sales. Also, a description is made regarding the state of the art of maintenance globally, particularly in the MRO sector.

The final part contains information about the challenges pursued by the aircraft maintenance companies at the process efficiency level and some technological developments in the field of aircraft maintenance.

The present research also draws some conclusions about the importance of aircraft maintenance in the management of continuity of airworthiness. Furthermore, it was also concluded that the changes concerning technology in maintenance field experience some difficulties.

## Keywords

Aircraft Maintenance, M.R.O.

(Página intencionalmente deixada a branco)

# Índice

Dedicatória .....	iii
Agradecimentos .....	v
Resumo .....	vii
Abstract .....	ix
Índice .....	xi
Lista de Figuras .....	xiii
Lista de Tabelas .....	xv
Lista de Acrónimos.....	xvii
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento do Tema.....	3
1.2. Objectivo da Dissertação.....	3
1.3. Limites do Trabalho.....	3
1.4. Estrutura da Dissertação .....	4
<b>2. Manutenção Aeronáutica.....</b>	<b>5</b>
2.1. Definição de Manutenção .....	5
2.1.1. Evolução da Manutenção .....	5
2.1.2. Classificação da Manutenção .....	6
2.1.3. Estabelecimento de Programas de Manutenção .....	8
2.2. Contexto Nacional da Manutenção.....	10
2.2.1. OGMA.....	10
2.2.1.1. Serviços MRO Prestados .....	11
2.2.1.2. Volume de Negócios .....	12
2.2.2. TAP Portugal .....	13
2.2.2.1. Serviços MRO Prestados .....	13

2.2.2.2. Volume de Negócios .....	14
2.3. Estado da Arte da Manutenção em Termos Globais no Sector MRO .....	15
2.3.1. Inovações .....	17
<b>3. Desafios nas Empresas .....</b>	<b>18</b>
3.1. Eficácia dos Processos .....	18
3.1.1. Paperless .....	18
3.1.2. Código de Barras .....	19
3.1.3. RFID .....	21
3.1.4. Lean Techniques.....	23
3.1.5. Sistemas ERP .....	23
3.2. Outros desenvolvimentos Tecnológicos .....	24
3.2.1. Fabricação 3D.....	24
3.2.2. Drones.....	25
<b>4. Conclusões e Trabalhos .....</b>	<b>27</b>
4.1. Conclusão .....	27
4.2. Trabalhos Futuros .....	28
<b>5. Bibliografia.....</b>	<b>29</b>

# Lista de Figuras

Figura 1 - Gráfico relativo ao Total Movimentos Comerciais e não Comerciais 2006-2014. ....	1
Figura 2 - Gráfico relativo ao Total Passageiros Comerciais e não Comerciais 2006-2014 .....	2
Figura 3- Modelo de Manutenção Aeronáutica .....	7
Figura 4 - Instalações da OGMA. ....	10
Figura 5 - Desempenho financeiro da OGMA .....	12
Figura 6 - Mercado MRO por actividade e região. ....	16
Figura 7 - Paperless ainda um desafio. ....	19
Figura 8 - Tipos de Códigos. ....	20
Figura 9 - Componentes de um sistema RFID. ....	21
Figura 10 - Etiqueta de RFID .....	22
Figura 11 - Oracle Complex MRO Solution .....	24
Figura 12 - Fabricação 3D .....	25
Figura 13 - Drones .....	26

(Página intencionalmente deixada a branco)

# Lista de Tabelas

Tabela 1 - Áreas de Negócios MRO da OGMA.....	11
Tabela 2 - Áreas de Negócios da empresa .....	14
Tabela 3 - Volume de Negócios na TAP. ....	15

(Página intencionalmente deixada a branco)

# Lista de Acrónimos

ANAC	Autoridade Nacional da Aviação Civil
AIDC	Identificação Automática de Dados
AOG	Aircraft on Ground
ARSA	Aeronautical Repair Station Association
CAMO	Continuing Airworthiness Management Organization
COA	Certificado de operador aéreo
CS--25	Aeronaves de Grande Porte
EASA	Agência Europeia para a Segurança na Aviação
EADS	European Aeronautic Defense and Space Company
ERP	Enterprise Resource Planning
FAA	Federal Aviation Administration
IATA	Associação Internacional de Transporte Aéreo
MRO	Maintenance, Repair and Overhaul
MSG	Item Significativos de Manutenção
MSG-1	Item Significativos de Manutenção . 1
MSG-2	Item Significativos de Manutenção- 2
MSG-3	Item Significativos de Manutenção- 3
NDT	Non-Destructive Testing
NP	Norma Portuguesa
OGMA	Industrias Aeronáuticas de Portugal
PDM	Product Data Management
PHM	Prognostic and Health Management
PMA	Programa de Manutenção da Aeronave
RFID	Radio Frequency Identification
STC	Supplemental Type Certificate
TAP	Transportes Aereos Portugueses
3D	3 Dimensões

(Página intencionalmente deixada a branco)

# 1. Introdução

De acordo com o relatório de actividades do ANAC (Autoridade Nacional da Aviação Civil) de 2014, no que se refere ao transporte aéreo no segmento de passageiros, e de acordo com os dados divulgados pela IATA (Associação Internacional de Transporte Aéreo), continuou a registar-se um crescimento de 5,9%, para o tráfego mundial internacional e doméstico, inclusivamente acima da taxa média de crescimento dos últimos 10 anos, que foi de 5,6%. Foram os operadores do Médio Oriente (12,6%), da Ásia Pacífico (7,1%), as Latino-Americanas (6,4%) e também as Europeias (5,8%) as maiores contribuintes para aquele crescimento. Embora em menor escala, também as companhias aéreas das restantes regiões registaram crescimento de tráfego, designadamente, as da América do Norte (2,7%) e as africanas (0,3%). Em termos de quota de mercado, em Dezembro de 2014, as operadoras da Ásia Pacífico mantiveram-se com a maior quota, que inclusivamente aumentou de 31,9% para 32,8%, e as africanas, com a menor quota, que diminuiu de 2,6%, em 2013, para 2,3%, em 2014.

Dentro do sector da aviação civil em Portugal, e analisando os indicadores de tráfego, tivemos uma viragem de tendência decrescente verificada desde 2011 quanto à variação do número de aterragens e descolagens no conjunto das infraestruturas aeroportuárias nacionais, com um aumento de 3%. Este aumento foi alimentado sobretudo pelos movimentos internacionais, já que em termos domésticos aquele indicador diminuiu em 3,7%. A procura por parte dos passageiros continuou o caminho ascendente, quer a nível doméstico quer, a nível internacional, tendo crescido 9,4%, no total, face a 2013. Já o transporte de carga, seguiu a tendência negativa de anos anteriores, com a quebra homóloga de 4,9% face a 2013.

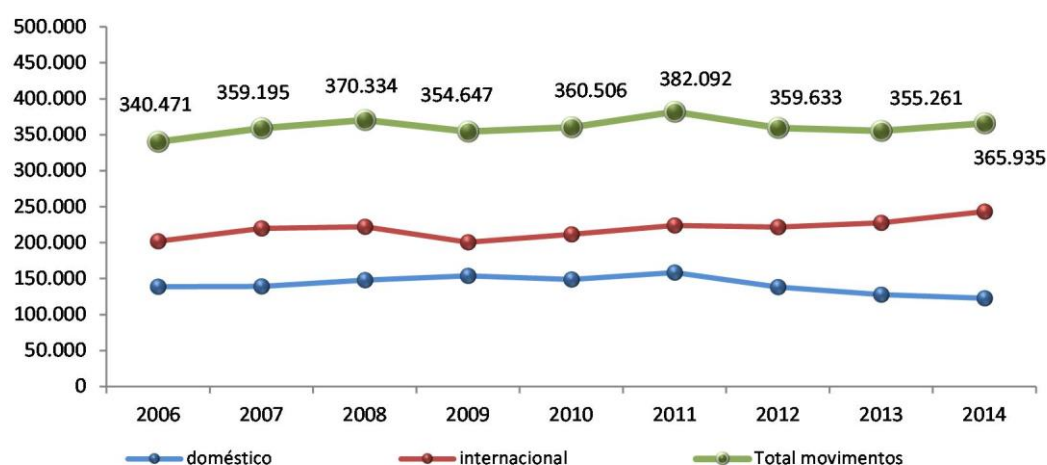


Figura 1 - Gráfico relativo ao Total Movimentos Comerciais e não Comerciais 2006-2014.

Fonte: (SINAC)

Este contexto de crescimento, em articulação com a recuperação económica vigente em Portugal abona a favor de uma expectativa de continuidade do aumento da procura de transporte aéreo.

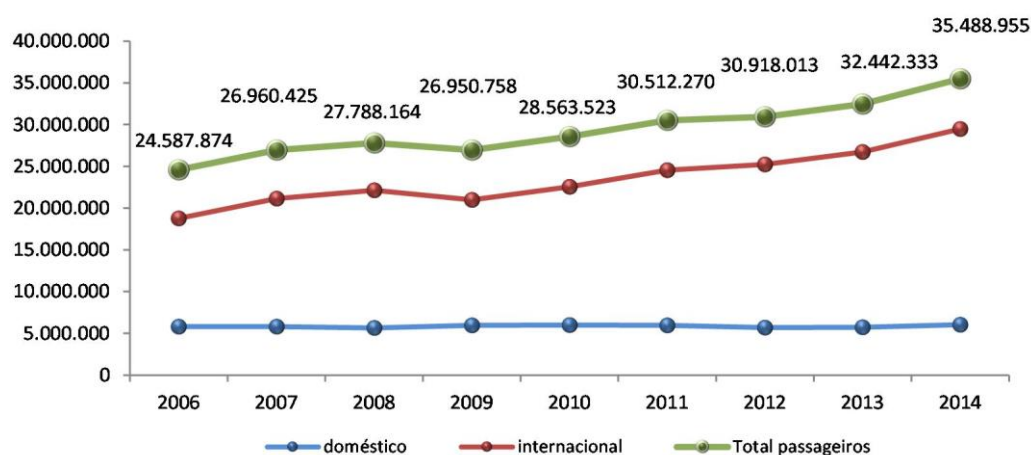


Figura 2 - Gráfico relativo ao Total Passageiros Comerciais e não Comerciais 2006-2014 .

Fonte: (SINAC)

O crescimento do transporte aéreo requer uma indústria de serviços de manutenção aeronáutica capaz de apoiar tal processo expansivo, sem prejuízo para as condições de segurança de voo e da continuidade de aeronavegabilidade continuada. (Marcio Cardoso Machado, Manutenção Aeronáutica no Brasil: distribuição geográfica e técnica, 2015)

As actividades de manutenção aeronáutica formam uma parte essencial da continuidade de aeronavegabilidade, tendo como objectivo, tanto na área civil quanto na militar, prover a total condição de serviço das aeronaves, no momento que um operador solicitar as aeronaves, com a qualidade esperada e com o mínimo custo (Knotts, 1999)

Este serviço é de extrema importância para o tráfego mundial, e a sua segurança e comodidade que oferecem os aviões escondem milhões de horas de trabalho e centenas de engenheiros, técnicos e mecânicos, que desempenham as suas tarefas de maneira eficaz e têm um papel relevante na preservação das vidas humanas.

Cabe citar que, em específico, as tecnologias na aviação, desenvolveram-se muito, evoluíram ao ponto de a segurança ser uma referência, mas a sua complexidade também, assim sendo, o sucesso depende da correta manutenção da aeronave, de todas as suas partes, componentes, célula, motores e elementos ao longo da sua vida útil e com a segurança desejada.

## **1.1. Enquadramento do Tema**

Dentro do contexto referido anteriormente, o trabalho apresentado nesta dissertação pretende, incidir na aviação civil, nomeadamente em aeronaves de asa fixa e móvel de grande porte, com massa máxima à descolagem superior a 5700 kg, de homologação europeia e americana.

O intuito é alargar o conhecimento acerca do sector de manutenção aeronáutica, uma vez que existe pouca informação acerca do sector em termos da situação actual e desenvolvimentos.

Para a realização do presente estudo foram estabelecidos vários objectivos específicos:

- Exposição de conceitos e definições da manutenção aeronáutica em geral;
- Análise ao contexto nacional mais concretamente, TAP e OGMA;
- Informação acerca do sector MRO;
- Investigação dos desafios perseguidos pelas empresas ao nível de eficácia do processo e desenvolvimentos tecnológicos.

De referir que para a realização do estudo foi utilizada pesquisa bibliográfica assente em fontes abertas.

## **1.2. Objectivo da Dissertação**

A presente dissertação tem como principal objectivo o estudo da situação actual da manutenção aeronáutica de modo a perspectivar que desafios se colocam aos desenvolvimentos.

## **1.3. Limites do Trabalho**

É importante colocar limites ao trabalho, pois os desafios que são abordados apenas incidem sobre a atividade de manutenção dos operadores e MRO e desde que não coloquem em causa as certificações aeronáuticas que ostentam. Assim, excluem desafios

ao nível do projeto de aeronaves na componente de desenvolvimento das instruções de aeronavegabilidade continuada, onde se inclui o desenvolvimento de programas de manutenção para utilização pelos operadores e para habilitar a entidade projetista a obter o respetivo type certificate.

De igual modo, este trabalho de investigação apenas incide sobre aeronaves civis acima de 5700 kg, ou seja, que cumprem certificações CS-25 (Aeronaves de grande porte) ao mesmo tempo que não se abrangem aeronaves não pilotadas (Drones/UAV) uma vez que se trata de sistemas novos para os quais ainda existem limitações do ponto de vista de exploração no mercado civil e na sua homologação, por questões relacionadas com disponibilidade temporal e acesso a informação não classificada (fontes abertas).

## **1.4. Estrutura da Dissertação**

A fim de atingir os objectivos propostos, a dissertação encontra-se dividida em quatro capítulos.

Neste primeiro capítulo é introduzido o tema do trabalho, fazendo-se o respectivo enquadramento e definindo o âmbito e o objectivo da dissertação.

O segundo capítulo inicia-se com uma exposição de definições e conceitos básicos da actividade de manutenção em geral. Examina-se o contexto nacional, mais concretamente a TAP e as OGMA. Caracteriza-se o estado da arte da manutenção em termos globais designadamente no sector MRO.

No terceiro capítulo é investigado e examinado os desafios perseguidos pelas empresas de manutenção aeronáutica ao nível da eficácia do processo e alguns desenvolvimentos tecnológicos no âmbito da Manutenção Aeronáutica.

Ao final, e no quarto e último capítulo expõem-se as conclusões da dissertação e a sugestão de trabalhos futuros

## 2. Manutenção Aeronáutica

### 2.1. Definição de Manutenção

Presentemente existem diversas definições para manutenção. Conforme a Norma Portuguesa sobre a Terminologia da Manutenção NP EN 13306:2007, a manutenção é a “combinação de todas as acções técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida”.

No âmbito da manutenção aeronáutica, Harry A Kinnisson apresenta manutenção como um “processo que assegura que um sistema desempenhe continuamente a sua função com os mesmos níveis de fiabilidade e segurança para o qual foi projectado”.

De outro ponto de vista, e utilizando a definição da Agência Europeia para a Segurança na Aviação (EASA) segundo o Regulamento EU N° 1321/2014 da Comissão Europeia, manutenção significa: “ Qualquer revisão, reparação, inspecção, substituição, modificação ou rectificação de avarias, bem como qualquer combinação destas operações, executada numa aeronave ou num componente de aeronave, à excepção de inspecção pré-voo”.

É pois esta definição de manutenção a que deve ser considerada para efeitos de aeronáutica.

#### 2.1.1. Evolução da Manutenção

A Manutenção Aeronáutica é melhor entendida pela apresentação dos seus desenvolvimentos históricos da manutenção

Harry A Kinnisson, 2004 escreveu o livro “ Aviation Maintenance Management”, o autor expõe, no livro, o início da manutenção na aviação.

Para ele, naqueles primeiros dias da aviação, a manutenção era realizada “ como necessária”, as máquinas muitas das vezes requeriam muitas horas de tempo de manutenção por cada hora de tempo de voo. As principais actividades de manutenção

consistiam da revisão de quase tudo na aeronave numa base periódica. Ainda que os aviões e os seus sistemas eram bastante simples à primeira vista, a manutenção realizada desta forma tornou-se muito cara. Com o aumento da complexidade da aeronave e os seus sistemas de bordo ao longo dos seguintes anos essa despesa aumentou em conformidade.

A abordagem moderna para a manutenção é mais sofisticada. As aeronaves são projectadas para a segurança, para a aeronavegabilidade e manutenção e um programa de manutenção detalhado é desenvolvido junto com cada novo modelo de aeronave ou então derivado de um modelo já existente. Este programa de manutenção inicial pode então ser adaptado por cada companhia aérea para acomodar a natureza das suas operações individuais, todavia sujeitas a prévia aprovação por parte da respetiva autoridade aeronáutica. Isso garante um funcionamento de aeronavegabilidade em qualquer circunstância (Kinnisson, 2004)

Garantindo que as empresas, tanto da parte dos fabricantes, operadores e autoridades aeronáuticas cumprem e fazem cumprir a legislação aplicável, de modo a permitir melhorar as técnicas de projeto e manutenção, bem como desenvolver programas de manutenção de modo eficaz, mantendo a indústria aeronáutica na vanguarda.

Em suma, essa abordagem para manutenção aeronáutica requer uma gestão sofisticada, tanto no desenvolvimento do programa de manutenção inicial bem como as companhias aéreas têm de realizar tudo o que é necessário para manter esse registo superior de segurança mencionado anteriormente, num enquadramento regulamentar aeronáutico permanente e controlado.

### 2.1.2. Classificação da Manutenção

Factores como o desgaste, corrosão, fenómenos físico químicos e acidentes, que ocorram nas partes ou componentes de qualquer equipamento alteram as suas condições normais de funcionamento. Esses fenómenos e eventos que ocorrem durante o uso podem degradar essas condições o suficiente para que os componentes e equipamentos não mais apresentem o desempenho requerido podendo atingir a falha ou redução de desempenho.

A manutenção está diretamente envolvida com o processo de falha do equipamento. Para isso a função da manutenção é conhecer e dominar estes processos de falha e saber quando e como intervir para atender às necessidades.

A manutenção aeronáutica segundo (Knotts, 1999) pode ser classificada como:

- Manutenção Preventiva (Hard-Time);
- Manutenção Corretiva (Condition-Monitoring);
- Manutenção Preditiva (On-Condition).

Graficamente é apresentado na Figura 6 o seguinte modelo de manutenção aeronáutica (Marcio Cardoso Machado, Manutenção Aeronáutica no Brasil: distribuição geográfica e técnica, 2015).

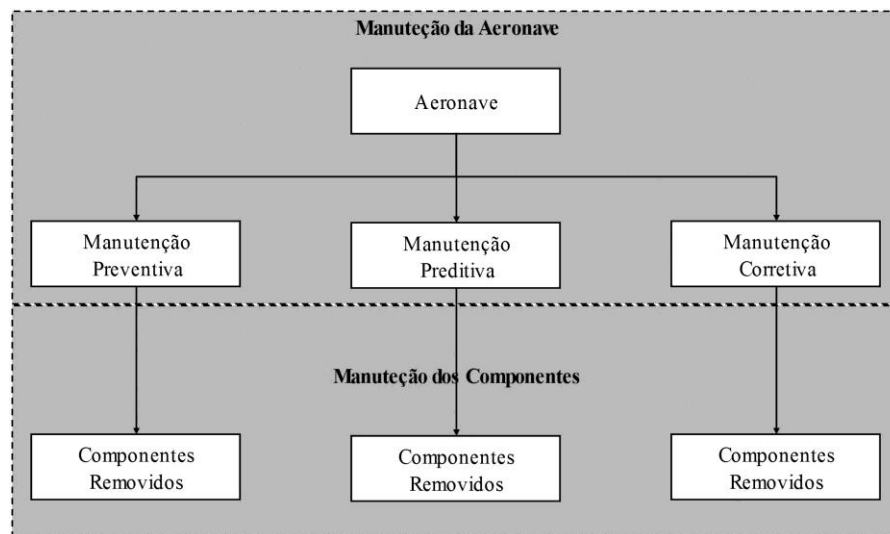


Figura 3- Modelo de Manutenção Aeronáutica

Fonte: (Machado, 2015)

Este modelo é uma visão simplificada da relação entre a manutenção aeronáutica com as três classificações e a manutenção dos componentes (itens) aeronáuticos (Marcio Cardoso Machado, Manutenção Aeronáutica no Brasil: distribuição geográfica e técnica, 2015):

- **Manutenção Preventiva** - Para Tu et al. (2001), a manutenção preventiva é a prática de substituir componentes ou subsistemas antes que eles falhem, normalmente com frequência predeterminada (Hard Time) ou em virtude de inspeção e teste. O objectivo é manter a operação contínua do sistema, nesse caso aeronave;
- **Manutenção Corretiva** - Para Moayed & Shell (2009), é aquela que ocorre após a identificação e diagnóstico de um problema (Condition-Monitoring). Durante este diagnóstico, os técnicos de manutenção têm que identificar as partes que falharam e

fazer as respectivas acções de reparo;

- **Manutenção Preditiva** - leva em conta o contínuo acompanhamento dos limites de operação de um dado componente ou subsistema (On-Condition). Verificada qualquer tendência para a ocorrência de uma falha funcional do componente ou subsistema, este deve ser removido para manutenção. Alguns mecanismos para a execução da manutenção preditiva são PdM (Product Data Management) e PHM (Prognostic and Health Management).

### 2.1.3. Estabelecimento de Programas de Manutenção

Para compreender melhor como se constroem os programas de manutenção há que abordar as suas origens e os seus desenvolvimentos.

Como já foi referido anteriormente neste capítulo com o aumento da complexidade da aeronave a sua manutenção teria que evoluir obrigatoriamente de maneira mais estruturada e eficaz.

Sendo assim, em 1968 e com a introdução do novo Boeing 747 foi desenvolvido o primeiro manual de manutenção denominado MSG 1 (Maintenance Steering Group 1).

A abordagem MSG-1 de acordo com (Kinnisson, 2004) era composta por seis grupos de trabalho:

1. Estruturas;
2. Sistemas Mecânicos;
3. Motores;
4. Sistemas Eléctricos e Aviónicos;
5. Sistemas Hidráulicos e Comandos de Voo;
6. Zona;

Cada um destes grupos analisava os seus sistemas da mesma forma, eram identificados os MSI (Item Significativos de Manutenção), compreendendo as suas características, modos de falha, causas e efeitos da falha, era possível determinar qual dos

três processos, eram aplicáveis na manutenção de um sistema:

- Hard-Time
- On-Condition
- Condition-Monitoring

Com o sucesso do MSG-1 no Boeing 747 rapidamente evolui para uma versão melhorada, o MSG-2. Em 1978, surge o MSG-3 que ao contrário dos anteriores que eram orientadas por processo, este é orientado por tarefas. A abordagem que é dada à manutenção passa a ser feita de cima para baixo, do sistema para o componente ao contrário das abordagens anteriores que eram feitas de baixo para cima, ou seja, do componente para o sistema.

O MSG-3 é um programa de manutenção inicial que é desenvolvido na fase de projeto pelo fabricante, ou seja, antes da entrada em serviço de uma aeronave, serve em primeiro lugar para o projectista da aeronave poder aprovar a sua aeronave, se não o fizer não obtém o certificado da aeronave (Type Certificate). Este programa inicial do fabricante servirá de base para o PMA (Programa de Manutenção da Aeronave) que irá ser da responsabilidade do operador aéreo. Tem a intenção central de ser um dos elementos essenciais à Gestão Contínua da Aeronavegabilidade de uma determinada aeronave.

Neste contexto, os Programas de Manutenção da Aeronave servem vários propósitos, a saber, o:

- do projectista da aeronave que tem que cumprir a CS-25 (Aeronaves de grande porte) apêndice H;
- da autoridade que recebe o pedido do Type Certificate e tem que assegurar que existe um PMA;
- da autoridade que não pode registar num COA (Certificado de Operador Aéreo) uma aeronave sem programa de manutenção;
- operador que só pode operar se tiver um PMA (Programa de Manutenção de Aeronaves);
- operador que tem que ser certificado Parte M e Parte 145;
- o operador ao longo da operação diária de um aeronave que tem que cumprir o PMA e desta forma o rating (COA) .

## 2.2. Contexto Nacional da Manutenção

À data de 31 de Dezembro de 2013 existiam 26 empresas certificadas pelo ANAC, como organizações de manutenção de aeronaves, número que se manteve estável desde 2010.

A TAP e as OGMA dominam este segmento de indústria. A representatividade destas duas empresas na actividade de manutenção de aeronaves em termos de pessoas empregues e de volume de negócio, é superior a 95%. Este valor é uma consequência da dimensão da TAP e das OGMA, quando comparadas com outras empresas (ANAC, (2011-2013)).

### 2.2.1. OGMA

A OGMA, sediada em Alverca é uma empresa de capitais público-privados, foi criada em 29 de Junho de 1918 passando, desde então, por várias reestruturações sendo a privatização da quase totalidade do seu capital decisiva para que se tornasse mais competitiva à escala mundial e para que se expandisse para novos mercados (AICEP, 2010). Em 2015 a empresa empregava 1595 trabalhadores como se pode ver no site da empresa. A Embraer, inicialmente em parceria com a EADS (European Aeronautic Defense and Space Company) é o maior accionista da OGMA, detendo em consórcio 65 por cento do capital da empresa e o Estado português os restantes 35 por cento, através da holding Empordef (Portugalglobal, 2009).

Da área ocupada pela OGMA, 150.000  $m^2$  são constituídos por instalações cobertas, incluindo 10 hangares de manutenção aeronáutica ( dois dos quais com dimensões de 130 × 70 × 18m), áreas de fabricação modernas, uma área de manutenção de motores de grande dimensão e devidamente equipada e múltiplas oficinas de apoio (OGMA, [www.ogma.pt](http://www.ogma.pt)).



Figura 4 - Instalações da OGMA.

Fonte: (OGMA)

A empresa OGMA é uma empresa qualificada no mercado da aviação civil e militar dedicando-se à manutenção, reparação e revisão geral de aeronaves, motores, aviônicos e acessórios. No que diz respeito à manutenção aeronáutica e mais especificamente à aviação civil, é feita na empresa a manutenção de aeronaves tais como:

- Embraer ERJ 135;
- Embraer E-Jets;
- Embraer Legacy 600/650;
- Lineage 1000;
- Airbus A320;
- Airbus Corporate Jet;
- Dassault Falcon 50;

#### 2.2.1.1. Serviços MRO Prestados

A OGMA presta serviços de manutenção, reparação, revisão geral e upgrades de aeronaves, motores e componentes. A tabela mostra uma descrição das áreas de negócios da empresa

Tabela 1 - Áreas de Negócios MRO da OGMA

MRO
Aviação Comercial
Aviação de Defesa
Aviação Executiva
Motores
Componentes
Engenharia

A OGMA oferece uma vasta gama de Serviços altamente eficientes, que vão desde a simples reparação até soluções de Gestão Total de Frota (OGMA, 2016).

Dentro das muitas capacidades destaca-se:

- Manutenção Pesada;
- Manutenção de Linha;
- Serviços de Motores;
- Gestão Total de Frota;
- Soluções de Engenharia;
- Revisão e Reparações de trens de aterragem;
- Pintura de Aeronaves;
- Recondicionamento de interiores;
- Equipa de Assistência AOG;
- Aircraft Leasing Support ( In & Out);
- De STC (Supplemental Type Certificate);
- Reparações estruturais complexas
- Representação Técnica
- Gestão de Aeronavegabilidade (CAMO)

### 2.2.1.2. Volume de Negócios

Ao nível do volume de negócios a OGMA tem vindo a registar um crescente desenvolvimento desde 2010, o qual se pode verificar na figura 5.

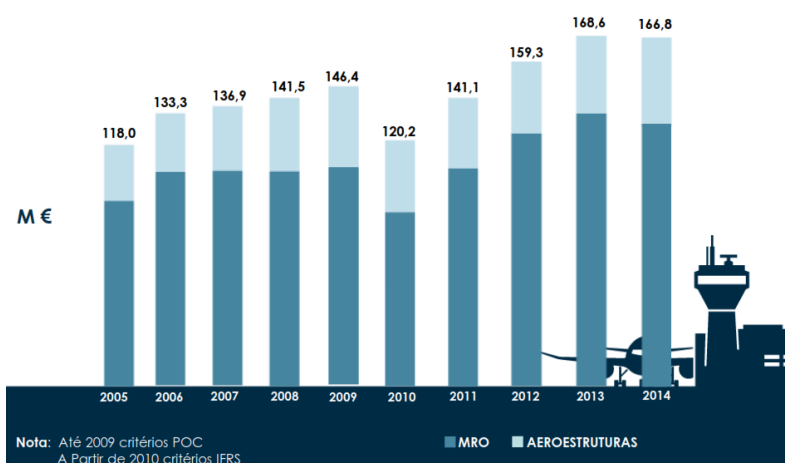


Figura 5 - Desempenho financeiro da OGMA

Fonte: (OGMA, 2015)

Como se pode observar, o total de vendas tem vindo a crescer desde que a empresa foi privatizada em 2005, tendo uma pequena queda em 2010. De assinalar que nos anos seguintes a empresa volta a crescer tendo apenas uma pequena queda no ano 2014. Através da análise do gráfico verificamos que os lucros da OGMA vêm principalmente dos lucros no sector MRO.

### 2.2.2. TAP Portugal

A TAP Portugal iniciou a sua actividade em 1945 e transformou-se numa das principais empresas do sector da aeronáutica nacional. É membro da Star Alliance (principal rede mundial de companhias aéreas) desde 14 de Março de 2005. Tem o seu hub em Lisboa, plataforma privilegiada de acesso na Europa, na encruzilhada entre o continente Africano e a América do Norte e do Sul (TAP, 2016).

Tem como principal actividade o transporte aéreo de passageiros e mercadorias, no entanto, deste grupo destaca-se a TAP Manutenção e Engenharia, tem a sua base em Lisboa e emprega cerca de 4000 técnicos adequadamente treinados e qualificados para prestar serviços de manutenção e engenharia em aviões, motores, e componentes, com uma qualidade internacionalmente reconhecida, num mercado extremamente exigente onde a segurança é um factor primordial. A TAP Manutenção e Engenharia está devidamente certificada por várias Autoridades Aeronáuticas, entre as quais a Norte Americana FAA e a Europeia EASA (TAP, TAP Manutenção e Engenharia).

A qualidade dos serviços da TAP Manutenção e Engenharia tem sido internacionalmente reconhecida por clientes e fabricantes de longos anos.

A área de Manutenção assegurou a manutenção de vários Aviões a clientes terceiros bem como a manutenção da frota TAP composta por

- Airbus A340-300
- Airbus A330-200
- Airbus A321-200
- Airbus A320-200
- Airbus A319-100

#### 2.2.2.1. Serviços MRO Prestados

A TAP Manutenção e Engenharia é responsável pela manutenção da frota da

empresa, que conta com um número significativo de aeronaves (presentemente 77), bem como pela manutenção de aparelhos aeronáuticos de outras companhias.

A TAP Portugal presta serviços de manutenção, reparação, revisão geral e upgrades de aeronaves, motores e componentes

Tabela 2 - Áreas de Negócios da empresa

<b>MRO</b>
Célula
Motores
Componentes
Engenharia

Dentro de muitas capacidades destaca-se:

- Manutenção de Base
- Manutenção de Linha
- Reparações Estruturais
- Modificações
- Decapagem e Pintura
- Serviços de Motores
- Soluções de Engenharia
- Revisão e reparação de componentes
- Gestão de Aeronavegabilidade (CAMO)
- Venda de Material

#### 2.2.2.2. Volume de Negócios

Segundo o relatório da TAP de 2014, a tabela abaixo mostra o valor do volume de negócios da empresa nos vários sectores da empresa

Verifica-se através da observação da tabela abaixo que a divisão de manutenção e engenharia é uma das áreas de exploração mais rentáveis, tendo-se registado um aumento do negócio e do trabalho prestado em 2014.

Tabela 3 - Volume de Negócios na TAP.

Fonte: (TAP, Relatório Anual 2014, 2014)

	2014	2013	Variação (%)
Transporte aéreo	2342,6	2346,5	0,2
Manutenção:Assistência a terceiros - Portugal	91,8	74,2	23,7
Manutenção: Assistência a terceiros - Brasil	69,3	72,6	4,6
Lojas Francas	179,4	162,5	10,4
Catering	6,1	7,0	13,7
Outras actividades da TAP, SGPS, SA	9,2	8,7	5,8
Total	2698,3	2671,5	1,0

### 2.3. Estado da Arte da Manutenção em Termos Globais no Sector MRO

O sector MRO na indústria aeronáutica é um complexo processo que tem rigorosos e precisos requisitos definidos pelas autoridades de aeronavegabilidade que visa garantir a segurança dos passageiros e tripulação.

Para a ARSA (Aeronautical Repair Station Association) o sector MRO é constituído de quatro principais segmentos de manutenção:

- Célula
- Motores
- Componentes
- Linha

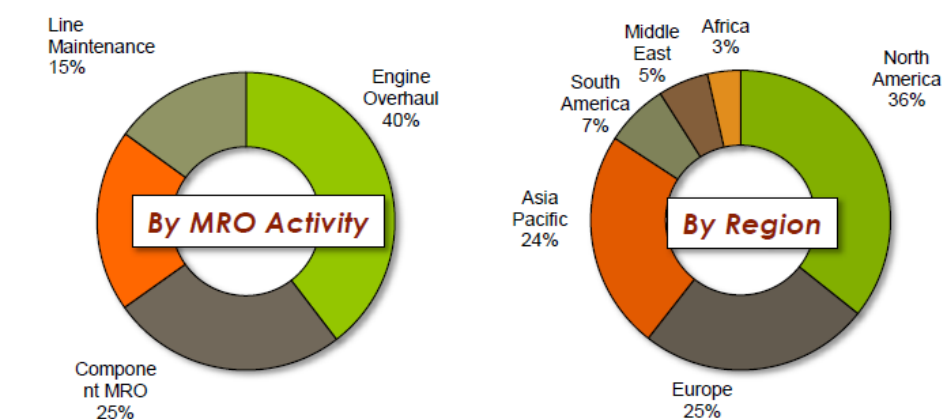
**Manutenção de célula** - Envolve trabalho realizado de uma forma regular, com uma inspeção detalhada, manutenção, manutenção preventiva e modificações que colocam a aeronave fora de serviço durante um período de tempo. Durante o processo de manutenção de célula podem ser realizados, pelos operadores vários tipos de trabalhos tais como, inspeção do tipo A;B;C;D, modificações, reparações estruturais, remodelação de cabine, decapagem e pintura entre outros, em cumprimento com as normas de segurança da autoridade da aviação, seja ela da FAA ou da EASA.

**Manutenção de Motores** - Envolve trabalhos de manutenção preventiva e alteração que repõe o motor à condição operacional de projeto por meio de regulamentação, o motor é desmontado e inspeccionado, partes são reparadas e substituídas como necessárias, sendo repostas e testadas.

**Manutenção de Componentes** - É realizada manutenção preventiva e modificação de componentes aviônicos, pneumáticos, hidráulicos, de óleo e combustível, mecânicos e outros componentes que serão posteriormente instalados na aeronave, célula ou motor.

**Manutenção de Linha** - São verificações de manutenção antes do voo que são realizadas para assegurar que a aeronave está apta para voo mas neste caso que não remova a aeronave de serviço.

A manutenção de motores ocupa 40% de todo o mercado MRO sendo o mercado norte-americano é o com mais actividade, como se pode verificar através da figura 6.



Source: ICF SH&E Analysis

Figura 6 - Mercado MRO por actividade e região.

Fonte: (ICF SH & E, 2013)

### 2.3.1. Inovações

A manutenção e reparação de aviões é um processo dispendioso e muitas vezes complexo, assim sendo, há que recorrer à tecnologia para tornar a indústria mais competitiva

Até 2020, a maioria das empresas do sector da aviação MRO (Maintenance, Repair and Overhaul) irá utilizar novas tecnologias de uma forma que muda fundamentalmente a forma como a indústria trabalha, o corte nos custos ou redistribuição de receita da indústria andarão entre 10 e 20 por cento (WYMAN, 2015).

Em termos gerais, as inovações da manutenção são originadas no projeto aeronáutico, em várias frentes, como exemplo:

- Adoção de flybywire (que levou a sistemas digitais e nova aviónica);
- Adoção de materiais compósitos que levou a novas técnicas de END (NDT);
- Adoção de motores em condition - monitoring
- Adoção de sistemas de monitorização de célula (health condition, fundamentalmente para fadiga).

Ou seja, a adoção destas tecnologias durante o projeto aeronáutico terá impacto na manutenção, com o fim de reduzir ao máximo os custos de manutenção, custos esses que constituem um parâmetro essencial.

Depois existem ainda melhorias na manutenção mas do ponto de vista da eficácia dos processos mas na perspetiva do operador e de centros de MRO:

- Paperless
- Código de barras
- RFID
- Lean techniques
- Sistemas ERP
- Etc

Na sequência de cada um dos elementos acima referidos, o próximo capítulo aborda os desafios que se colocam a cada aspeto do ponto de vista de eficácia dos processos.

## 3. Desafios nas Empresas

Alguns relatórios sobre o mercado americano mostram que os custos de manutenção por lugar-quilómetro aumentaram nos últimos anos devido ao envelhecimento das frotas e aos aumentos dos custos de manutenção acima da inflação (ANAC, (2011-2013)).

Considerando apenas a idade média das aeronaves registadas em Portugal a qual tem aumentado nos últimos anos, admite-se que os gastos com manutenção venham, também, a aumentar nos próximos anos. As despesas de manutenção representam uma parte significativa dos gastos operacionais das transportadoras aéreas, que tendem a acentuar-se na medida em que são adiadas novas aquisições de aeronaves (ANAC, (2011-2013))

Por isso, para alcançar um bom desempenho, as empresas estão a empenhar esforços de aumentar a produtividade, e reduzir custos no que diz respeito à manutenção. O propósito de qualquer empresa de manutenção é garantir que as aeronaves são entregues em plenas condições de aeronavegabilidade, a tempo e com o mínimo de custo associado.

### 3.1. Eficácia dos Processos

No que diz respeito à eficácia dos processos estes permitem aumentar o processo produtivo, a sua eficácia de execução e a redução de falhas funcionais, deixa de haver desperdício na manutenção e as actividades tornam-se mais produtivas, o que permite reduzir os seus custos associados.

#### 3.1.1. Paperless

A ideia desta filosofia na manutenção aeronáutica passa pela substituição do tradicional papel por armazenamento electrónico, ou seja, toda a documentação acerca da manutenção das aeronaves é armazenada e gerida electronicamente em vez do papel.

Trabalhar num ambiente MRO, tem que ser do ponto de vista da organização de processos o mais eficiente possível, logo, a simplificação de processos deve estar agilizada.

Neste contexto, é um desafio grande para as empresas de manutenção a substituição dos tradicionais papéis por formato digital, este processo leva tempo, os manuais são volumosos, existem cartas de trabalho e uma série de documentos associados à manutenção, que tem dificuldade em ser implementados, como se pode verificar através da Figura 7.



Figura 7 - Paperless ainda um desafio.

Fonte: (IATA, 2013)

No entanto, apesar destas dificuldades de implementação, as melhorias da passagem do papel para o formato digital são muitas. As vantagens não se limitam apenas à redução de custos, mas também a simplificação de processos:

- Não há mais perdas de tempo com a procura da documentação;
- Os processos são fáceis de actualizar;
- Deixa de haver erros de desenhos obsoletos e instruções de trabalho;
- Não há mais atrasos nas tarefas de trabalho;
- Etc.

### 3.1.2. Código de Barras

O código de Barras é uma metodologia de identificação que exige tecnologia automática de recolha de dados (AIDC), que permite a captação rápida de informação, melhorando o acompanhamento dessas informações, aumentando também a eficácia do processo de manutenção de aeronaves.

Segundo ( GS1 Brasil), os códigos de barras são utilizados para representar uma numeração (identificação) atribuída a produtos, unidades logísticas, localizações, ativos fixos e retornáveis, documentos, cargas e serviços facilitando a captura de dados através de leitores (scanners) e colectores de código de barras, proporcionando a automação de processos trazendo eficiência, maior controle e confiabilidade para a empresa.

Os códigos de barras podem ser unidimensionais ou bidimensionais, como podemos ver na Figura 8. Podem ser impressos numa etiqueta ou marcados directamente no item, através da técnica DPM( Direct Parts Marking).



Figura 8 - Tipos de Códigos.

Fonte:(StoreLabs, 2012)

Como qualquer tecnologia o código de barras apresenta uma série de vantagens e desvantagens. Entre as principais vantagens destacam-se (KSA, 2014):

- Aumento de segurança no processo de captura e identificação das informações;-
- Eliminação de erros;-
- Redução de desperdícios;
- Eficiência no desempenho e melhores margens.

No entanto, segundo (Viladomat, 2010), apresenta algumas desvantagens:

- Linha de visão: o código de barras deve ser visível para o leitor identificar o produto;

- Quando impresso em etiqueta, colada à superfície do produto, o código de barras pode ser mais facilmente danificado, pois não poderá ser lido se a mesma estiver partida ou danificada.

No contexto da manutenção, são acima de tudo usados em documentos sobre tudo nas cartas de trabalho, e documentos do processo produtivo, pois são de fácil leitura.

### 3.1.3. RFID

A tecnologia RFID (Radio Frequency Identification), tal como o código de Barras, são tecnologias de identificação automática de dados (AIDC), que permite a captação rápida de informação sem a necessidade de um campo visual. A sua principal utilização tem sido em aplicações de logística, para rastrear os produtos e documentos, pois permite a informação detalhada do produto, permite que se saiba mais atempadamente as necessidades. O seu funcionamento possui o mesmo princípio dos leitores de códigos de barras.

Contudo, ao contrário dos códigos de barras gráficos, a RFID utiliza etiquetas electrónicas para guardar as informações, e sinais de rádio para transmiti-las ao Leitor. Desta forma, não é mais necessário posicionar o leitor fisicamente sobre a etiqueta, bastando aproximá-lo o suficiente da etiqueta. Isto tornou o processo de verificação muito mais prático e automático, pois agora o processo se tornou independente da manipulação inteligente de uma pessoa ou de equipamento sofisticado. Com a RFID, basta o operador aproximar o leitor fisicamente da etiqueta para a leitura ocorrer imediatamente, descartando a necessidade de um reconhecimento visual e portanto simplificando muito o processo de identificação. (Quebeck, 2015).

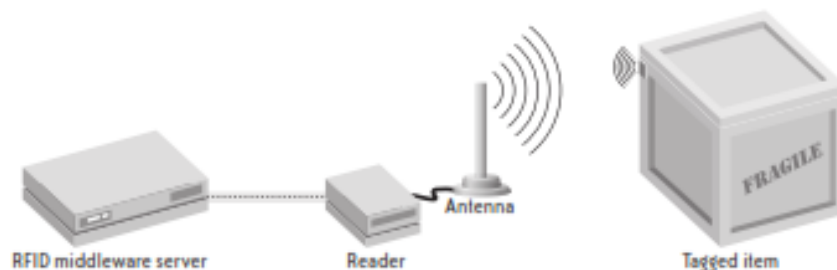


Figura 9 - Componentes de um sistema RFID.

Fonte: (Glover, 2006)

Um sistema RFID possui basicamente dois dispositivos (Quebeck, 2015):

- Etiqueta de RFID (RFID tag);
- Leitor de RFID (RFID reader).

Existem dois tipos de etiquetas RFID:

- **Passiva** - Estas etiquetas utilizam a rádio frequência do leitor para transmitir o seu sinal e normalmente têm as informações gravadas permanentemente quando são fabricadas.
- **Ativa** -As etiquetas são muito mais sofisticadas e caras e contam com uma bateria própria para transmitir o seu sinal sobre uma distância razoável.



Figura 10 - Etiqueta de RFID

Fonte: (Tag Chip, 2012)

No caso da manutenção aeronáutica é uma tecnologia que pode ser utilizada na identificação sem contacto de peças aeronáuticas, para assegurar uma melhor rastreabilidade e gestão do inventário. Cada componente da aeronave pode ser identificado, verificado e pode conter uma série de informações históricas acerca do componente. De salientar também que as etiquetas RFID são resistentes a altas temperaturas e a ambientes operacionais hostis.

Embora este tipo de tecnologia seja de grande eficácia no rastrear de componentes ainda apresenta algumas dificuldades ao nível da sua implementação, pois é mais dispendiosa do que os códigos de barras, e muitas vezes as empresas não querem gastar dinheiro na sua aplicação embora futuramente venha a ter retorno.

### 3.1.4. Lean Techniques

Lean pode ser definido como um conjunto de estratégias para identificar e eliminar desperdícios nos processos, nos produtos e na empresa, orientada para o cliente. É uma mudança na empresa que permite (Tavares, 2011):

- Melhorar a eficiência pela redução dos tempos dos processos (sem interrupções nem retrocessos);
- Uma produção ao “ritmo” da procura pelos clientes;
- Melhorar a qualidade e reduzir custos.

A Lean Techniques assenta em dois pilares, a saber: Jidoka, que é definido como a capacidade da própria máquina detectar erros durante a produção e caso se suceda a ocorrência de erros, ela parará automaticamente. Just-in-Time, por seu lado, é a capacidade de se produzir e entregar os produtos necessários na quantidade certa e na altura indicada (Womack & Jones, 2003)

Apesar das melhorias identificadas acima, a implementação desta metodologia apresenta algumas limitações e enfrenta algumas barreiras. O princípio de ter que melhorar a qualidade num controlo de recursos constitui um desafio e uma pressão permanente.

### 3.1.5. Sistemas ERP

A (CONSULTING DELOITTE, 1998).define ERP como sendo um pacote de software de negócios que permite a uma companhia automatizar e integrar a maioria dos seus processos de negócio, compartilhar práticas e dados comuns através de toda a empresa e produzir a aceder a informação em um ambiente de tempo real.

No caso da aeronáutica e mais especificamente na manutenção o software utilizado para gerir tudo referenciado acima é da ORACLE. Esta aplicação integra o planeamento de serviços em cadeia, agendamento e recursos de gestão, tudo num único sistema de informação, em tempo real. Na figura 10 pode-se observar o ORACLE Complex MRO Solution.

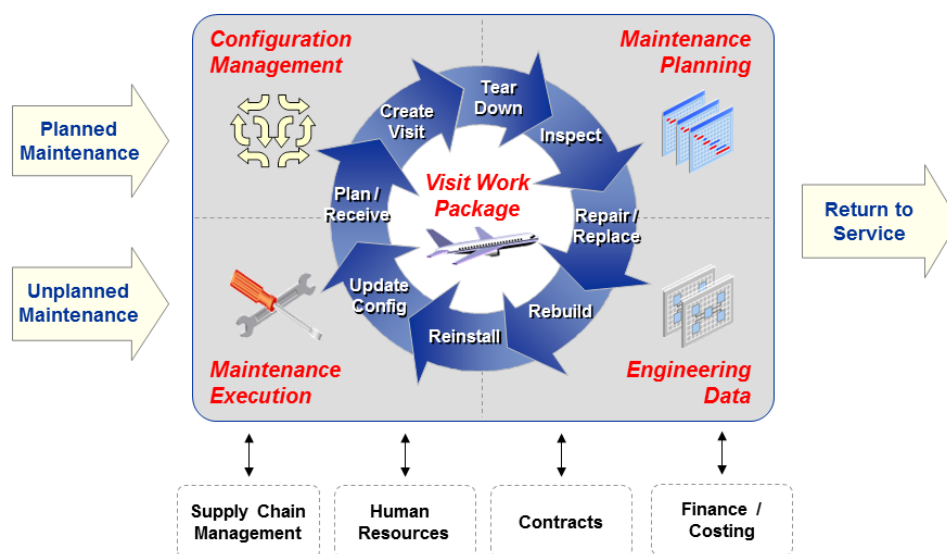


Figura 11 - Oracle Complex MRO Solution

Fonte: (ORACLE, 2010)

Esta aplicação permite controlar todos os processos dentro da empresa, de uma maneira rápida e eficaz.

Com a utilização ERP, acaba-se a complexidade do acompanhamento isolado de cada processo. Assim, consegue-se uma gestão mais eficiente, mais tempo para planear, diminuir os gastos na cadeia de produção, elimina o uso de manuais e otimiza o fluxo de informação no ambiente MRO.

### 3.2. Outros desenvolvimentos Tecnológicos

A política no domínio da investigação e inovação é de crucial importância para o sector da manutenção aeronáutica. Nesta dissertação, será explorado o papel que algumas tecnologias têm no sector da manutenção.

Neste contexto, irão ser abordadas algumas tecnologias.

#### 3.2.1. Fabricação 3D

Uma arma importante e fundamental no sentido de tornar mais eficiente a manutenção de aeronaves irá ser a tecnologia aditiva de fabrico (impressão tridimensional),

onde os componentes são construídos camada por camada sob o controle do computador em vez da tradicional usinagem de blocos de metal permitindo uma reposição de peças no avião mais rápida, agilizando o processo global e reduzindo custos.

Será um processo rápido para a fabricação de peças de geometria complexa com um desperdício mínimo de materiais. Ao armazenar apenas as matérias-primas em vez de milhões de peças de reposição, imobiliza menos capital, reduzindo assim o seu possível desperdício. Elimina-se o consumo energético associado a produção de todas essas peças de reposição (Cordis, 2014)

Em baixo encontra-se a Figura 10 que descreve um pouco como é a impressão 3D.



Figura 12 - Fabricação 3D

Fonte: (Cunningham, 2015)

Este desenvolvimento será de extrema utilidade mais concretamente na linha da frente. Se algum componente do avião se fracturou inexplicavelmente, já não será preciso esperar horas por um novo componente, ele poderá ser fabricado na hora e com a grande qualidade. A substituição de componentes fracturados requer uma série de certificações ao fabricar no momento o componente, irá simplificar tudo. Por isso há grandes vantagens na sua implementação embora leve o seu tempo.

Esta tecnologia inovadora está todavia condicionada à sua homologação, pois há que ser aprovada pelo fabricante original do componente e pela própria autoridade aeronáutica.

### 3.2.2. Drones

De acordo com alguns operadores, a utilização de pequenos drones irá revolucionar

a maneira como se faz inspeção de linha frente, pois estes aparelhos permitirão uma melhor abordagem visual dos problemas existentes na linha da frente e com uma diminuição do número de horas para tal. Este desenvolvimento tecnológico irá aumentar o processo produtivo, irá ser mais eficaz e mais preciso e permitirá reduzir o número de horas de inspeção.

Para dar a conhecer um pouco melhor os drones, é mostrado na Figura 11, a maneira como trabalham os drones num avião.



Figura 13 - Drones

Fonte: (Easyjet)

O uso desta tecnologia permite a recolha em tempo real de pequenos danos na estrutura da aeronave, fazendo o seu reconhecimento visual total e permitindo que as imagens fiquem gravadas.

Por outro lado, esta tecnologia é ainda muito recente e como tal carece de mais estudos preliminares, e também da aprovação da autoridade aeronáutica.

# 4. Conclusões e Trabalhos

## 4.1. Conclusão

O crescimento do transporte aéreo mundial e um conseqüente aumento do transporte de passageiros tem obrigado a que a indústria de serviços de Manutenção, Reparação e Revisão geral (MRO) seja capaz de assegurar tais serviços com uma alta segurança de voo. O sucesso nesta indústria depende fortemente da evolução dos restantes sectores da aviação civil, para os quais a disponibilidade e a segurança das aeronaves são condições essenciais para assegurar a aeronavegabilidade.

Esta dissertação teve como objectivo principal o estudo da situação actual da manutenção aeronáutica de modo a perspectivar que desafios se colocam aos desenvolvimentos, sejam eles de eficácia do processo ou não.

A partir do trabalho realizado pode-se identificar a necessidade de uma pesquisa adicional. A bibliografia disponível sobre a manutenção aeronáutica é ampla, mas quando toca a informação mais específica e concreta acerca dos temas debatidos é deficiente.

Ainda assim, com a revisão bibliográfica livre foi possível familiarizar-se com temas relacionados à manutenção aeronáutica, necessários a um entendimento mais abrangente sobre a necessidade de manutenção das aeronaves, de alguma percepção sobre o contexto nacional, bem como temas relacionados às inovações do ponto de vista de eficácia do processo e alguns desenvolvimentos que vieram auxiliar a manutenção ainda que de uma maneira breve.

Verificou-se de igual modo ao longo da dissertação que os desafios no que diz respeito a inovações e desenvolvimentos são amplos e o seu entendimento é por vezes difícil por falta de tempo e falta de alguma informação disponível.

Este trabalho indica a importância da implementação de novas tecnologias nas empresas, apesar de alguns custos associados na sua implementação, eles irão trazer grandes benefícios associados, seja na redução de custos como na optimização dos processos produtivos e também na qualidade dos trabalhos feitos, bem como na sua melhoria continua permitindo uma execução de trabalho superior.

## 4.2. Trabalhos Futuros

A partir deste trabalho face ao que precede considera-se que uma das áreas de interesse diz respeito ao aprofundamento das duas tecnologias referidas, fabricação 3D e utilização de drone na linha da frente. Ambas colocam desafios (utilização, certificação, etc) que importa melhor conhecer.

## 5. Bibliografia

- GS1 Brasil. (s.d.). (G. Brasil, Editor) Obtido em 20 de 04 de 2016, de GS1 Brasil:  
<https://www.gs1br.org/codigos-e-padros/codigo-de-barras>
- AICEP. (2010). Portugal Global Fevereiro-Março. *Portugal Global*, 32-32.
- ANAC. ((2011-2013)). *Desempenho Económico e Financeiro do Segmento de Manutenção de Aeronaves*.
- CONSULTING DELOITTE. (1998). *ERPs Second Wave: Maximizing the Value of ERP - Enabled Processes*. CONSULTING DELOITTE.
- Cordis. (2014).
- Glover, B. (2006). *RFID Essentials*. Mary OBrien.
- IATA. (2013). *Paperless Aircraft Operations*.
- ICF SH & E. (13 de Março de 2013). Global MRO Market Economic Assessment. *ARSA*, pp. 3-3.
- Kinnisson, H. A. (2004). *Aviation Maintenance Management*. Mc Graw Hill.
- Knotts, R. (1999). Civil aircraft maintenance and support: fault diagnosis from a business perspective. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 335-347.
- KSA. (14 de 08 de 2014). KSA. Obtido em 20 de 04 de 2016, de KSA: <http://ksa.com.br/codigo-de-barras-facilita-a-vida-de-empresas-e-consumidores/>
- Machado, M. C. (2015). Manutenção Aeronáutica no Brasil:distribuição geográfica e técnica. 4-11.
- Maintenance, I. f. (2014). Business Plan.
- Marcio Cardoso Machado, L. M. (2015). Manutenção Aeronáutica no Brasil: distribuição geográfica e técnica. *Gest. Prod. vol.22 no.2 São Carlos abr./jun. 2015*, 243-253.
- Marcio Cardoso Machado, L. M. (2015). Manutenção Aeronáutica no Brasil: distribuição geográfica e técnica. *Gest. Prod. vol.22 no.2 São Carlos abr./jun. 2015*, 243-253.
- OGMA. (2016).

- OGMA. (s.d.). *OGMA*. Obtido em 21 de 04 de 2016, de OGMA:  
[http://www.ogma.pt/pdf/pres\\_pt.pdf](http://www.ogma.pt/pdf/pres_pt.pdf)
- OGMA. (s.d.). *www.ogma.pt*. Obtido em 01 de 04 de 2016, de <http://www.ogma.pt>
- Portugalglobal. (Abril de 2009). Portugalglobal. *Portugalglobal*, pp. 19-19.
- Quebeck. (2015). *Quebeck*. Obtido em 21 de 04 de 2016, de O que é RFID:  
<http://quebeck.com.br/o-que-e-rfid/>
- SINAC. (s.d.).
- StoreLabs. (07 de 06 de 2012). (StoreLabs) Obtido em 20 de 04 de 2016, de  
<http://www.storelabs.com/los-codigos-bidimensionales-y-las-diferencias-entre-los-codigos-qr-y-los-bidi/>
- TAP. (2014). *Relatório Anual 2014*.
- TAP. (2016). *Sobre a TAP*. Obtido em 14 de 04 de 2016, de Valores e Missão:  
<http://www.tapportugal.com/Info/pt/sobre-tap/companhia/valores-missao>
- TAP. (s.d.). *TAP Manutenção e Engenharia*. Obtido em 14 de 04 de 2016, de Sobre a TAP:  
<http://www.tapportugal.com/Info/pt/sobre-tap/grupo-tap/tap-manutencao-engenharia>
- Tavares, D. (2011). *Metodologia lean aplicada a um ambiente MRO*. Covilhã: Universidade da Beira Interior.
- Viladomat, A. B. (2010). *Global traceability*. Barcelona: Universitat Polytècnica de Catalunya, Escola Técnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking - Banish Waste and Create*. London: Simon & Schuster UK Ltd.
- WYMAN, O. (2015). *Turning the Tide - a wave of new aviation technology will soon hit mro industry*. MRO SURVEY 2015.