

**Estudo de viabilidade de aplicação da metodologia  
6 Sigma na determinação da eficiência de  
Programa de Manutenção de Aeronaves**  
(Versão final após defesa)

**José Manuel Ribeiro Sá Carneiro de Medeiros**

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

Orientador: Prof. Doutor José Manuel Mota Lourenço da Saúde  
Co-orientador: Eng. Paulo Jorge Pires Vicente  
Co-orientador: Eng. João Nuno Monteiro Vieira

**julho de 2022**

**Folha em branco**

# **Dedicatória**

Dedico este trabalho à minha família.

**Folha em branco**

# Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero profundamente agradecer aos meus pais todo o apoio fundamental que sempre me deram e por me terem proporcionado a possibilidade de percorrer todo este caminho. A eles bem como à restante família.

Quero expressar um enorme e sincero agradecimento ao Professor Doutor José Manuel Mota Lourenço da Saúde pela disponibilidade e apoio prestado na orientação e aos profissionais da Nortávia S.A. e da TAP M&E, com especial agradecimento aos Eng. Paulo Vicente, Eng. Manuel Soares, Eng. João Vieira, Eng. Caetano Almeida e Eng.a Marta Jacob, por toda a ajuda, disponibilidade e possibilidade de desenvolver este trabalho.

Um obrigado especial à minha namorada e aos meus colegas que me ajudaram e apoiaram ao longo destes 5 anos de universidade, especialmente aos Guilherme Almeida, André Lopes, Miguel Vasconcelos, Luís Marques, Rodrigo Ribeiro, Tiago Martins e Daniela Sousa.

**Folha em branco**

# **Resumo**

A Manutenção Aeronáutica é constantemente alvo de alterações e melhorias, com o objetivo de melhorar a segurança operacional, reduzir os custos e aumentar a fiabilidade das aeronaves. A necessidade de processos cada vez mais eficientes e otimizados exigem a adoção de métodos eficazes de melhoria que otimizem processos e detetem problemas. O presente estudo procurou ir ao encontro das necessidades das entidades com as quais foi desenvolvido, a Nortávia S.A. e a TAP M&E, de forma a dar uma nova visão acerca da análise da eficiência dos Programas de Manutenção das suas frotas de aeronaves.

O trabalho prático desenvolvido assenta na aplicação da metodologia Six Sigma à análise da eficiência dos PMA tanto a uma frota de aeronaves ligeiras, como a uma frota de aeronaves complexas a motor.

No desenvolvimento deste trabalho utilizaram-se dados disponibilizados pelos departamentos de Engenharia e Aeronavegabilidade da Nortávia e da TAP, no entanto, este estudo permite a utilização destes métodos para qualquer frota de aeronaves.

A aplicação da metodologia nas empresas permitiu estabelecer um procedimento de modo a obter uma perspetiva geral das anomalias detetadas nas suas aeronaves. A metodologia permitiu identificar oportunidades de melhoria de modo a aumentar a segurança operacional, reduzir os custos de manutenção e aumentar a qualidade para o cliente.

## **Palavras-chave**

6Sigma;PMA;Qualidade;DMAIC

**Folha em branco**

# **Abstract**

Aircraft Maintenance is constantly the target of changes and improvements, with the aim of increasing safety, reducing costs and increasing aircraft reliability. The need for increasingly efficient and optimized processes requires the adoption of effective methods of improvement that optimize processes and detect causes of problems. This study sought to meet the needs of the entities with which it was developed, Nortávia S.A. and TAP M&E, to give a new view on the analysis of the efficiency of the Maintenance Programs of their aircraft fleets.

The practical work carried out is based on the application of the Six Sigma methodology to the analysis of the efficiency of AMP to both a fleet of light aircraft and a fleet of complex motor-powered aircraft.

In the development of this work, data made available by the Engineering and Airworthiness departments of Nortávia and TAP were used, aimed at the use of these methods for any aircraft fleet.

The application of the methodology in the companies has made possible to establish a procedure to obtain an overview of the anomalies detected in their aircraft. The methodology allowed to identifying opportunities for improvement to increase safety, reduce maintenance costs and increase quality for the customer.

## **Keywords**

6Sigma;AMP;Quality;DMAIC

**Folha em branco**

# Índice

1	Introdução .....	1
1.1	Enquadramento .....	1
1.2	Objetivo do trabalho .....	2
1.3	Requisitos do trabalho .....	2
1.4	Limites do trabalho .....	2
1.5	Metodologia .....	2
1.6	Estrutura da dissertação .....	3
2	Empresas Nortávia e TAP .....	4
2.1	Nortávia S.A. Transportes Aéreos.....	4
2.1.1.	Nortávia Manutenção e Engenharia.....	6
2.2	Transportes Aéreos Portugueses S.A. ....	7
2.2.1.	TAP Manutenção e Engenharia (M&E).....	8
2.3	Síntese conclusiva .....	10
3	Estado da Arte da metodologia 6 sigma e da regulamentação aeronáutica .....	11
3.1	Six Sigma.....	11
3.1.1.	Definição de <i>Six Sigma</i> .....	11
3.1.2.	Metodologia <i>Six Sigma</i> - o ciclo DMAIC .....	14
3.1.3.	Ferramentas <i>Six Sigma</i> .....	16
3.1.4.	Mal-entendidos sobre <i>Six Sigma</i> .....	18
3.1.5.	Comparação entre metodologias de melhoria de processos .....	19
3.1.6.	Six Sigma no mundo aeronáutico .....	19
3.2	Manutenção aeronáutica e aeronavegabilidade.....	21
3.2.1.	Aeronavegabilidade .....	21
3.2.2.	Gestão da Aeronavegabilidade Continuada.....	22
3.2.3.	Manutenção aeronáutica .....	22
3.2.3.1.	Manutenção programada .....	23

3.2.3.2. Manutenção não programada .....	23
3.2.3.3. Condition Monitoring .....	24
3.2.4. Entidades reguladoras.....	25
3.2.4.1. International Civil Aviation Organization (ICAO) .....	25
3.2.4.2. The European Authority for Aviation Safety (EASA).....	26
3.2.4.3. Autoridade Nacional da Aviação Civil (ANAC).....	30
3.2.5. Programas de Manutenção de Aeronaves .....	31
3.2.6. Análise da eficácia de um PMA .....	32
3.2.7. Programas de fiabilidade.....	34
3.3 Caso Nortália .....	35
3.3.1. Elaboração e aprovação do PMA – Caso Nortália .....	35
3.3.2. Análise da Eficiência do PMA – Caso Nortália .....	37
3.4 Caso TAP.....	38
3.4.1. Elaboração e aprovação do PMA – Caso TAP .....	38
3.4.2. Análise da eficiência do PMA – Caso TAP .....	46
3.5 Síntese conclusiva.....	50
4 Estudo de viabilidade de adoção de 6 Sigma na Nortália .....	51
4.1 Introdução .....	51
4.2 Definir.....	51
4.2.1 Carta de projeto.....	51
4.2.2 Mapa do processo.....	52
4.2.3 SIPOC .....	53
4.2.4 Critical to Quality Tree .....	53
4.2.5 Outras ferramentas .....	54
4.3 Medir .....	56
4.4 Analisar.....	62
4.5 Melhorar .....	65
4.5.1 Melhoria tipo I.....	65

4.5.2	Melhoria tipo II.....	66
4.6	Controlar .....	67
4.7	Síntese conclusiva .....	68
5	Estudo de viabilidade de adoção de 6 sigma na TAP M&E .....	69
5.1	Introdução.....	69
5.2	Definir .....	69
5.2.1	Carta de projeto .....	69
5.2.2	Mapa do processo .....	69
5.2.3	SIPOC.....	70
5.2.4	Critical to Quality Tree.....	72
5.2.5	Outras ferramentas.....	73
5.3	Medir.....	74
5.4	Analisar .....	80
5.5	Melhorar.....	80
5.5.1	Melhoria tipo I.....	81
5.5.2	Melhoria tipo II.....	81
5.5.3	Melhoria tipo III .....	82
5.6	Controlar .....	83
5.7	Síntese conclusiva .....	87
6	Conclusões e trabalhos futuros.....	89
6.1	Conclusões.....	89
6.2	Trabalhos futuros.....	90
	Referências.....	91
	Anexos.....	96
	Anexo 1 – Registo de anomalias e trabalho corretivo NOR.FORM.....	96
	Anexo 2 - NOR-FORM-8.1.70.....	97
	Anexo 3 – Project Charter NOR6S .....	98
	Anexo 4 – Project Charter for TAP6S.....	101
	Anexo 5 – Relatório Quadrienal do Estudo das NR (protótipo) .....	105



**Folha em branco**

# Lista de Figuras

Figura 2.1 - Organigrama geral da Nortávia. ....	6
Figura 2.2 - Aeronave em manutenção no hangar da Nortávia. ....	7
Figura 2.3 - Aeronave em manutenção no hangar 6. ....	8
Figura 2.4 - Mapa das instalações TAP M&E. ....	9
Figura 2.5 - Organigrama da TAP M&E. ....	10
Figura 3.1 – Distribuição Normal. ....	12
Figura 3.2 - Representação gráfica da média deslocada 1,5sigma. ....	13
Figura 3.3 - Comparação ciclo DMAIC. ....	14
Figura 3.4 – Diagrama de Pareto. ....	17
Figura 3.5 – Gráfico de Controlo. ....	18
Figura 3.6 - Diagrama de causa e efeito genérico. ....	18
Figura 3.7 – Estrutura dos Regulamentos da EASA. ....	27
Figura 3.8 – Elaboração e Aprovação PMA. ....	32
Figura 3.9 – Página de Manual de Procedimentos de Manutenção. ....	41
Figura 3.10 – Intervalos máximos para a inspeção e reparação. ....	43
Figura 3.11 – Esquema do Processo de Elaboração de um PMA. ....	44
Figura 3.12 – Estrutura ALS. ....	45
Figura 4.1 - Mapa do processo de análise de PMA. ....	52
Figura 4.2 - Árvore CTQ do projeto relativo à análise de PMA. ....	54
Figura 4.3 - Gráfico com horas voadas por aeronave por ano. ....	57
Figura 4.4 - Gráfico com a distribuição de anomalias por tipo de OT. ....	58
Figura 4.5 – Responsáveis pela deteção da anomalia. ....	58
Figura 4.6 - Distribuição da localização das anomalias. ....	59
Figura 4.7 – Diagrama de Pareto com a distribuição das anomalias por código ATA 100. .....	60

Figura 4.8 - Diagrama de Pareto com a distribuição de anomalias por componente. ....	61
Figura 4.9 - Diagrama Pareto com a distribuição de anomalias detetadas pela tripulação por componente. ....	62
Figura 4.10 - Diagrama causa-efeito da falha da landing light.....	63
Figura 4.11 - Diagrama causa-efeito da falha nas velas de incandescência.....	64
Figura 4.12 - Extrato PMA da Nortávia. ....	65
Figura 5.1 - Mapa do processo de análise de PMA. ....	70
Figura 5.2 - Àrvore CTQ do processo relativo à análise de PMA.....	72
Figura 5.3 - Gráfico com percentagens dos tipos de intervenções realizadas. ....	74
Figura 5.4 - Gráfico com as origens das NR. ....	75
Figura 5.5 – Diagrama de Pareto com a distribuição das NR por código ATA 100. ....	78

**Folha em branco**

# Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Frota da Nortávia S.A. ....	5
Tabela 2.2 - Frota da TAP. ....	8
Tabela 3.1 - Comparação da melhoria do desempenho em diferentes níveis sigma. ....	13
Tabela 3.2 - Ações de Manutenção. ....	42
Tabela 4.1 - Diagrama SIPOC do processo de análise de PMA.....	53
Tabela 4.2 - Project Plan do projeto NOR6S. ....	55
Tabela 4.3 - Níveis seis sigma para 6 aeronaves da Nortávia. ....	59
Tabela 5.1 - Diagrama SIPOC do processo de análise de PMA.....	71
Tabela 5.2 - Plano do projeto TAP6S.....	73
Tabela 5.3 - Níveis seis sigma do projeto TAP6S.....	76

**Folha em branco**

# Lista de siglas e de acrónimos

AD	Airworthiness Directive
ALI	Airworthiness Limitation Items
ALS	Airworthiness Limitation Section
AMC	Acceptable Means of Compliance
AMM	Aircraft Maintenance Manual
ANAC	Autoridade Nacional da Aviação Civil
ANOVA	Analyse of Variance
AOC	Air Operator Certificate
APU	Auxiliar Power Unit
AS 9100	Aerospace Standard
ATA	Air Transport Association
ATO	Approved Training Organization
ATPL	Air Transport Pilot License
CAMO	Continuing Airworthiness Management Organisation
CAO	Combined Airworthiness Organisation
CAP	Continuous Airworthiness Program
CAT	Commercial Air Transport
CIA	Circular Informação Aeronáutica
CTI	Circular Técnica de Informação
CMR	Certification Maintenance Requirements
CTI	Circular Técnica Informativa
CTQ	Critical to Quality
CY	Ciclos
DGCA	Departamento de Gestão da Continuidade da Aeronavegabilidade
DMAIC	Define-Measure-Analyze-Improve-Control
DOA	Design Organisation Approval
DOE	Design of Experiments
DPMO	Defeitos Por Milhão de Oportunidades
EA	Engineering Authorization
EASA	European Authority for Aviation Safety
ELA	European Light Aircraft
EOs	Engineering Orders
ETOPS CMP	Extended Twin Engine Operations Configuration, Maintenance and Procedures
EU	European Union
FAA	Federal Aviation Administration
FAL	Fuel Airworthiness Limitations
FH	Flight Hours
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
FSTD	Flight Simulation Training Device
GM	Guidance Material
HR	Horas do Componente
ICA	Instructions for Continued Airworthiness
ICAO	International Civil Aviation Organization
ISC	Industry Steering Committees

ISO	International Organization of Standardization
JAA	Joint Aviation Authorities
LD	Aterragens
LIE	Limites de Especificação Inferior
LSE	Limites de Especificação Superior
LN	Lean Techniques
MAREPS	Maintenance Report
MM	Manual de Manutenção
MMEL	Master Minimum Equipment List
MPD	Maintenance Planning Document
MPM	Manual de Procedimentos de Manutenção
MRB	Maintenance Review Board
MRBR	Maintenance Review Board Report
MRO	Maintenance, Repair and Overhaul
MSG-3	Maintenance Steering Group
MTO	Maintenance Training Organisation
MTOM	Maximum Takeoff Weight
MWGs	Maintenance Working Groups
NAAs	National Aviation Authorities
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NTE	Norma Técnica de Execução
PCF	Programa de Controlo de Fiabilidade
PDCA	Plan Do Check Act
PIREPS	Pilot Report
PMA	Programa de Manutenção de Aeronave
PPH	Políticas e Procedimentos
QFD	Quality Function Deployment
RTB	Relatório Técnico de Bordo
SARPs	Standards and Recommended Practices
SBs	Service Bulletins
SEMR	System Equipment Maintenance Requirements
SILs	Service Information Letters
SIPOC	Supplier Input Process Output Customer
SME	Subject-matter expert
SMS	Safety Management System
SPC	Statistical Process Control
SQC	Statistical Quality Control
STC	Supplementar Type Certificate
TAP	Transportes Aéreos Portugueses
TAP M&E	TAP Manutenção e Engenharia
TN	Task Number
TQM	Total Quality Management
TT	Threshold Time
VOC	Voice of the Customer
VSB	Vendor Service Bulletin

**Folha em branco**



# 1 Introdução

## 1.1 Enquadramento

A necessidade de processos cada vez mais eficientes e otimizados, atualmente muito destacado pelo termo competitividade, com vista à obtenção de produtos e prestação de serviços de forma a responder às especificações dos agentes económicos, exigem a adoção de métodos eficazes de melhoria contínua dentro das organizações, ou seja, a adoção de modelos de gestão que otimizem processos e detetem problemas.

Neste contexto, *Six Sigma* é uma metodologia que possui metas tais como a redução de custos, a melhoria contínua do processo e o aumento da qualidade até se atingir um serviço sem defeitos. Esta ferramenta comprovou obter resultados bastante positivos, na reestruturação da globalidade das organizações bem como em apenas um departamento específico.

No mundo da aviação, a Segurança Operacional (*Safety*) e a Qualidade (*Quality*) são aspetos essenciais para a sobrevivência da indústria e para além destes, o aspeto económico da operação é o outro elemento base para o sucesso da indústria da aviação. De acordo com a ICAO (International Civil Aviation Organization), a manutenção representa em média, 11% dos custos operacionais dos operadores podendo chegar aos 25% dependendo do tamanho da frota, idade e nível de utilização (Papakostas *et al.*, 2010). Assim sendo, a preocupação com a otimização económica e operacional dos Programas de Manutenção será a base deste estudo, ou seja, o estudo da viabilidade da otimização da eficiência destes usando a metodologia *Six Sigma*.

Embora um Programa de Manutenção de Aeronave possa ser visto como um elemento quase imutável, visto que o fabricante fornece quase toda a informação necessária para o operador construir os seus Programa de Manutenção de Aeronaves (PMA), com este estudo, pretende-se explorar a flexibilidade destes como base da Continuidade da Aeronavegabilidade, ou seja, da continuidade da segurança da aeronave sem colocar o foco na vertente económica.

Com este trabalho pretende-se assim estudar a viabilidade de usar um conjunto de ferramentas no domínio da qualidade para auxiliar a Gestão da Aeronavegabilidade de frotas de aeronaves com variadas características.

Para este trabalho foram usados dados das empresas Nortávia e TAP, de modo a estudar a viabilidade da metodologia usada, tanto a frotas de aeronaves ligeiras, como a frotas de aeronaves complexas a motor. Estas empresas foram selecionadas e escolhidas pelo facto de operarem diferentes tipos de frota de aeronaves com diferentes legislações aplicáveis.

## 1.2 Objetivo do trabalho

A presente dissertação tem como objetivo o estudo da viabilidade de aplicação da metodologia *Six Sigma* e das suas ferramentas estatísticas para medir e otimizar a eficiência de um Programa de Manutenção de Aeronave, de modo a tentar reduzir custos de manutenção e aumentar a disponibilidade das aeronaves.

## 1.3 Requisitos do trabalho

Para a realização deste trabalho foi necessário estudar o estado atual da indústria aeronáutica quanto aos assuntos abordados, sendo necessário, para o estudo da viabilidade da metodologia desta dissertação dados de:

- Diferentes operadores, ou seja, neste caso da Nortávia e da TAP;
- Operadores com diferentes operações e diferentes regulamentações aplicáveis;
- Frotas de aeronaves com diferentes características e diferentes regulamentações aplicáveis;
- Frota de aeronaves com um número mínimo de aeronaves do mesmo modelo (para a viabilidade da análise estatística);
- Dados de vários anos (para a viabilidade da análise estatística)

## 1.4 Limites do trabalho

O estudo efetuado está limitado à operação de 6 aeronaves ligeiras (Cessna 152) consideradas entre janeiro de 2019 e dezembro de 2021 e à operação de 6 aeronaves complexas a motor (Airbus A320) considerada entre janeiro de 2016 e dezembro de 2019. A escolha deste tipo de aeronaves foi devida ao facto de serem os modelos que as empresas mais possuíam nas suas frotas.

O conteúdo apresentado na metodologia serve como referência na implementação desta metodologia na análise de eficiência de um PMA a uma frota de aeronaves.

No âmbito desta dissertação será apresentado conteúdo adaptado de acordo com as exigências de confidencialidade das empresas.

## 1.5 Metodologia

Em consonância com o que tem sido desenvolvido nos Departamentos da Engenharia de Suporte e de Gestão da Aeronavegabilidade das empresas das frotas em estudo, i.e., Nortávia, TAP, esta dissertação desenvolveu a seguinte metodologia:

- Identificação da legislação conceptual relativa à Análise da Eficácia de um PMA;
- Criar uma base conceptual para a implementação da Metodologia *Six Sigma* para permitir a análise da eficiência de um PMA;

- Estudo de observação dos processos das empresas em questão e estudo dos procedimentos relevantes para o tema da dissertação;
- Recolha e organização de dados das aeronaves;
- Aplicação da metodologia com posteriores resultados e conclusões da viabilidade do processo

## **1.6 Estrutura da dissertação**

Os conteúdos presentes neste trabalho estão divididos em 6 capítulos conforme a seguir se descreve.

No presente capítulo, definem-se os objetivos e limitações deste estudo enquadrados com o que tem vindo a ser feito com a análise dos Programas de Manutenção de Aeronaves na engenharia aeronáutica e a sua eficácia. Para tal é ainda fornecida a metodologia e a estrutura de forma a facilitar a orientação pelo trabalho.

A caracterização das empresas e das frotas em análise para o presente estudo compõem o segundo capítulo, ao passo que no terceiro capítulo, de forma a dominar os conceitos necessários para a compreensão desta dissertação, apresenta-se uma abordagem teórica sintética e adequada à temática deste trabalho, ou por outras palavras, o estado da arte do assunto a estudar.

Os quarto e quinto capítulos descrevem a otimização das análises das eficiências dos Programas de Manutenção de Aeronaves adequadas às necessidades das empresas. A metodologia escolhida é então detalhada de forma a poder ser aplicada a qualquer frota e a qualquer operadora.

Os quarto e quinto capítulos apresentam também os principais resultados obtidos pelos processos estudados e desenvolvidos pela metodologia aplicada. São estabelecidas ainda várias considerações importantes para os resultados apresentados.

Por fim, no sexto capítulo são enunciadas as conclusões finais e recomendações para trabalhos futuros.

## 2 Empresas Nortávia e TAP

Como já foi descrito anteriormente, para a realização deste trabalho e para a viabilidade da aplicação da metodologia, foram usados dados de frotas de duas empresas portuguesas com diferentes tipos de operações, uma ATO (*Approved Training Organization*) com frota de aeronaves ligeiras, e uma Companhia de Transporte Aéreo Comercial (CAT), com frotas de aeronaves complexas a motor.

### 2.1 Nortávia S.A. Transportes Aéreos

A Nortávia S.A. Transportes Aéreos é uma empresa de aviação fundada em 1989 a operar no Aeródromo de Vilar de Luz, Maia, Portugal. Como um dos principais agentes do mercado aeronáutico no norte de Portugal, a Nortávia fornece uma ampla gama de serviços que atendem às necessidades de clientes particulares e comerciais.

Sendo esta empresa uma ATO (*Approved Training Organization*), o seu principal serviço é como Escola de Aviação lecionando o Curso Integrado de Piloto de Linha Aérea de Avião (ATPL) para a obtenção da licença de Piloto de Linha Aérea (Nortávia, 2022).

Para além do seu negócio central a Nortávia S. A. sempre apostou no desenvolvimento da aeronáutica tendo investido não só na formação de pessoal especializado, mas também na investigação e desenvolvimento de projetos pioneiros como foi o caso do GAYA, um dirigível inovador, amigo do ambiente, económico, seguro e eficiente (Nortávia, 2022).

No início da sua operação, a Nortávia estava especialmente vocacionada para o treino de pilotos privados e foi evoluindo a sua operação com algum trabalho aéreo como fotografia e reboque de manga (Nortávia, 2022).

A Nortávia desempenhou um papel fundamental para a construção do Aeródromo da Maia, que se revelou extremamente importante para o seu crescimento, permitindo que se dedicasse à formação de pilotos profissionais (Nortávia, 2022).

Localizada na região de Vilar de Luz, muito próxima do Porto, a Nortávia emprega mais de quarenta pessoas que asseguram a operação de uma frota de 16 aeronaves e a formação de um número crescente de alunos-piloto (Nortávia, 2022).

É possível observar o constante investimento que a empresa tem a decorrer em termos de melhoria e expansão de infraestruturas, no aumento da sua frota e na inclusão de cockpits totalmente digitais para as fases mais avançadas da instrução de voo (Nortávia, 2022).

A Nortávia é aprovada pela Autoridade Nacional de Aviação Civil (ANAC), e está em conformidade com a EASA.

A Nortávia é uma empresa com certificação de organização Part-147 – PT-147.004 (ANAC, 2019a) e enquanto organização de formação de manutenção a Nortávia está autorizada a ministrar cursos de manutenção aeronáutica reconhecidos pela ANAC.

Atualmente é detentora do certificado de Organização de Gestão da Continuidade da Aeronavegabilidade – PT.CAMO.028 (Nortávia, 2021a). A Nortávia S.A. Transportes Aéreos, como CAMO (*Continuing Airworthiness Management Organization*), fornece serviços de controlo de toda a gestão de manutenção e da gestão da continuidade da aeronavegabilidade das aeronaves que opera assim como as de alguns clientes.

A frota da empresa é constituída pelas aeronaves apresentadas na tabela 2.1.

Tipo de Aeronave	Fabricante/Modelo	Número de Aeronaves	Ano de Manufatura
Avião Monomotor	Cessna 172R	3	1998-2007
Avião Monomotor	Cessna 172S	1	2005
Avião Monomotor	Cessna R172K	1	1979
Avião Monomotor	Cessna 172N	1	1977
Avião Monomotor	Cessna 152 Series	9	1977-1980
Helicóptero Monomotor	Robinson R22	1	2003
Avião Monomotor	Beechcraft 33 Series	1	1978
Avião Bi-motor	Piper P44 Series	1	1980
Avião Bi-motor	Tecnam P2006T	1	2017

Tabela 2.1 - Frota da Nortávia S.A.

Fonte: (Nortávia, 2021a)

A estrutura da empresa é constituída pelos seguintes áreas: Safety, Security, Qualidade (*Compliance Monitoring*), Departamento Administrativo/Financeiro, Departamento Comercial, Departamento de Operações – AOC (*Air Operator Certificate*), Instrução como ATO (*Approved Training Organisation*), FSTD (*Flight Simulation Training Device*), CAMO onde se insere o DGCA/Engenharia (Departamento de Gestão da Aeronavegabilidade/Engenharia), MTO (*Maintenace Training Organisation*) Part-147 e o Departamento MRO (*Maintenace, Repair and Overhaul*) onde se insere a Manutenção Parte 145. Na figura 2.1 apresenta-se o organigrama geral da Nortávia.

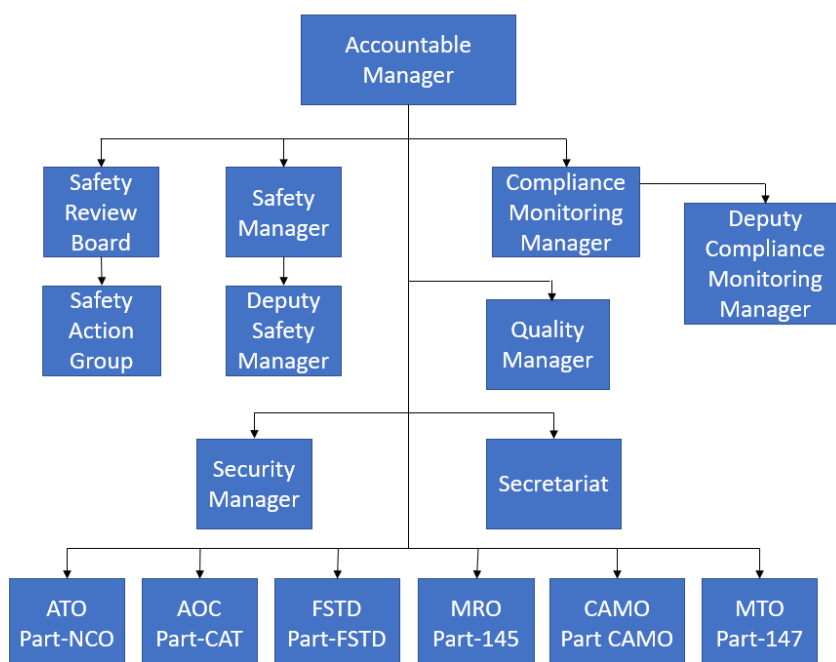


Figura 2.1 - Organograma geral da Nortávia.

Fonte: (Nortávia, 2021a)

### 2.1.1. Nortávia Manutenção e Engenharia

O departamento de Manutenção e Engenharia é preponderante nas atividades da Nortávia, pois garante a manutenção de toda a frota de aeronaves e helicópteros. Também garante a aeronavegabilidade e manutenção de uma extensa frota de aeronaves pertencentes a clientes de Portugal, Espanha e norte de África (Nortávia, 2022).

A Nortávia S. A. está em constante crescimento e atualmente possui engenheiros aeronáuticos e técnicos de manutenção aeronáutica qualificados.

Atualmente é detentora do certificado de Organização de Manutenção de Aeronaves – PT.145.003 (ANAC, 2019b). Além da certificação da Part-145, a Nortávia também é certificada como *Cessna Aircraft Company Authorized Service Facility* (única em Portugal), garantindo suporte técnico e de engenharia às frotas da Cessna, bem como a distribuição de peças genuínas da Cessna.

Como já foi referido, a Nortávia tem também a capacidade para disponibilizar serviços de gestão continuada de aeronavegabilidade para diversas aeronaves. Atualmente está em conformidade com a legislação Part-M e Part-ML (Nortávia, 2021a).

A Nortávia tem na sua sede operacional instalações para realizar a manutenção das suas aeronaves. Para tal possui um hangar com 500 m<sup>2</sup> onde se processam os trabalhos de

manutenção de base. Este hangar tem alguns anexos como a oficina de mecânica, a secção de lubrificantes, a secção do compressor, a secção de baterias, a secção de ferramenta especial e de calibração periódica, o armazém de material, gabinetes e outros. Na figura 2.2 pode ser observada uma aeronave da frota na Nortávia no hangar.



Figura 2.2 - Aeronave em manutenção no hangar da Nortávia.

Fonte: (Nortávia, 2022)

## **2.2 Transportes Aéreos Portugueses S.A.**

A TAP é uma companhia aérea no mercado da aviação comercial, voando atualmente para mais de 80 destinos dispersos por Europa e Médio Oriente, África, América do Norte e do Sul (TAP Air Portugal, 2022a).

Os Transportes Aéreos Portugueses foram fundados a 14 de março de 1945 por Ordem de Serviço de Humberto Delgado, então diretor do Secretariado da Aeronáutica Civil, sendo comprados os primeiros aviões ainda nesse ano, dois DC-3 Dakota.

A TAP é a companhia aérea mais segura da Europa para 2022, segundo o site Airline Ratings, sendo a quinta da lista a nível mundial (TAP Air Portugal, 2022b). De acordo com o chefe de redação da Airline Ratings, Geoffrey Thomas, a TAP Air Portugal tem um excelente histórico de segurança devido à sua frota jovem e à procura das melhores aeronaves, sendo uma das primeiras a adotar grandes avanços em segurança.

Geoffrey Thomas diz também que registo de incidentes da TAP nos últimos dois anos tem sido um dos melhores e a companhia aérea não sofreu uma fatalidade na era moderna (TAP Air Portugal, 2022). Este afirma também que a TAP Portugal se tornou uma referência em segurança operacional (TAP Air Portugal, 2022b).

Quanto à estrutura, atualmente, o grupo TAP divide-se em 6 diferentes áreas: TAP M&E (Manutenção e Engenharia), FlyTAP, TAP Corporate, TAP Miles&Go e TAP Air Cargo (TAP Air Portugal, 2022d).

Atualmente, a TAP é detentora do certificado de Organização de Gestão da Continuidade da Aeronavegabilidade – PT.CAMO.003, de Organização de Manutenção de Aeronaves – PT.145.001 (ANAC, 2019b) e de Organização Part-147 – PT-147.001 (ANAC, 2019a). A TAP Transportes Aéreos Portugueses S.A. como CAMO (*Continuing Airworthiness Management Organization*) disponibiliza serviços como o controlo de toda a gestão de manutenção e da gestão da continuidade da aeronavegabilidade das aeronaves.

A frota da empresa é constituída pelas aeronaves apresentadas na tabela 2.2.

Tipo de Aeronave	Fabricante/Modelo	Número de Aeronaves	Ano de Manufatura
A319-111	Airbus/A319-100	9	1998-2000
A319-112	Airbus/A319-100	2	2000
A320-214	Airbus/A320-200	17	1999-2011
A320-251N	Airbus/A320-200 NEO	11	2018-2021
A321-211	Airbus/A321-200	3	2000-2005
A321-251N	Airbus/A321-200 NEO	6	2018
A321-251NX	Airbus/A321-200 NEO EU	4	2019-2020
A321-251NX	Airbus/A321-200 NEO LR	8	2019-2021
A330-202	Airbus/A330-200	4	2008
A330-941	Airbus/A330-900	19	2018-2019

Tabela 2.2 - Frota da TAP.

Fonte: (Autor, 2022)

### 2.2.1. TAP Manutenção e Engenharia (M&E)

A TAP M&E é a Unidade de Manutenção e Engenharia da TAP Air Portugal. Na figura 2.3. podemos observar uma aeronave em manutenção nas instalações da TAP M&E.



Figura 2.3 - Aeronave em manutenção no hangar 6.

Fonte: (TAP Manutenção e Engenharia, 2022b)

Atualmente, o centro de manutenção fica localizado no aeroporto de Lisboa. A TAP M&E Lisboa possui nas suas instalações três hangares com uma área total de 71.200 m<sup>2</sup>, onde é possível realizar manutenção de aviões, oficinas de motores, oficinas de componentes, entre outras oficinas e laboratórios essenciais para a manutenção de aviões, tais como, oficinas de pintura, oficinas de estruturas, centros de lavagem, entre outras, cuja atividade é certificada por diversas autoridades, como por exemplo a EASA e a FAA, entre outras.

A TAP M&E emprega cerca de 2000 funcionários, desde técnicos de manutenção a engenheiros. Na figura 2.4 apresentam-se esquematicamente as instalações da TAP M&E Lisboa.

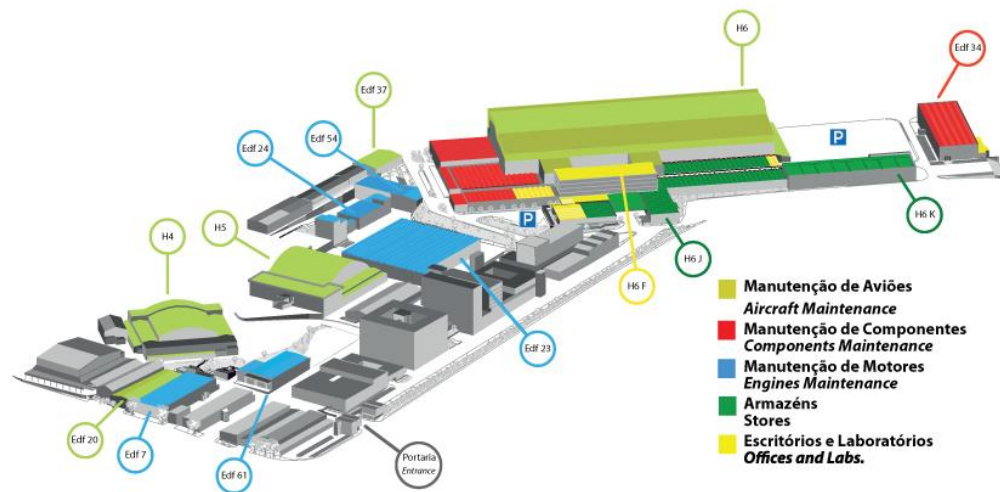


Figura 2.4 - Mapa das instalações TAP M&E.

Fonte: (TAP Manutenção e Engenharia, 2021)

A TAP M&E apresenta-se como especializada na prestação de serviços MRO (*Maintenance, Repair and Overhaul*), com destaque na fuselagem, motores, componentes, engenharia e apoio material (TAP Manutenção e Engenharia, 2022a).

A área relativa à fuselagem é designada por Care2Airframe e fornece serviços de manutenção de base e de manutenção de linha. Exemplos de serviços da manutenção de base são modificações de cabine, reparações estruturais, decapagem e pintura. A manutenção de linha inclui inspeções pré-voos, inspeções diárias e semanais, e resolução de problemas, entre outras. Estes serviços realizam-se nos aeroportos portugueses, mas também internacionalmente, como no Brasil e em Angola (TAP Manutenção e Engenharia, 2022a).

A área conhecida como Care2Engines é relativa a motores. A gama de serviços disponibilizados é extensa, mas a manutenção para a família dos motores CFM56 é o foco principal (TAP Manutenção e Engenharia, 2022a).

Outra área de atuação é a de componentes, a Care2Components, que consiste na reparação e revisão de componentes, focando-se no sistema pneumático, no sistema hidráulico, aviônicos, combustível e óleos, mecânica, equipamentos de emergência e de cabine (TAP Manutenção e Engenharia, 2022a).

A TAP M&E presta também serviços técnicos personalizados aos seus clientes. Alguns exemplos incluem a gestão da frota, projetos de certificação e instalação de modificações (DOA<sup>1</sup>), soluções logísticas, centro de formação técnica, entre outros. O departamento de Care2Engineering é responsável por estas tarefas, bem como pela gestão dos laboratórios técnicos das instalações (TAP Manutenção e Engenharia, 2022a).

Na figura 2.5 é apresentado o organigrama da TAP ME.

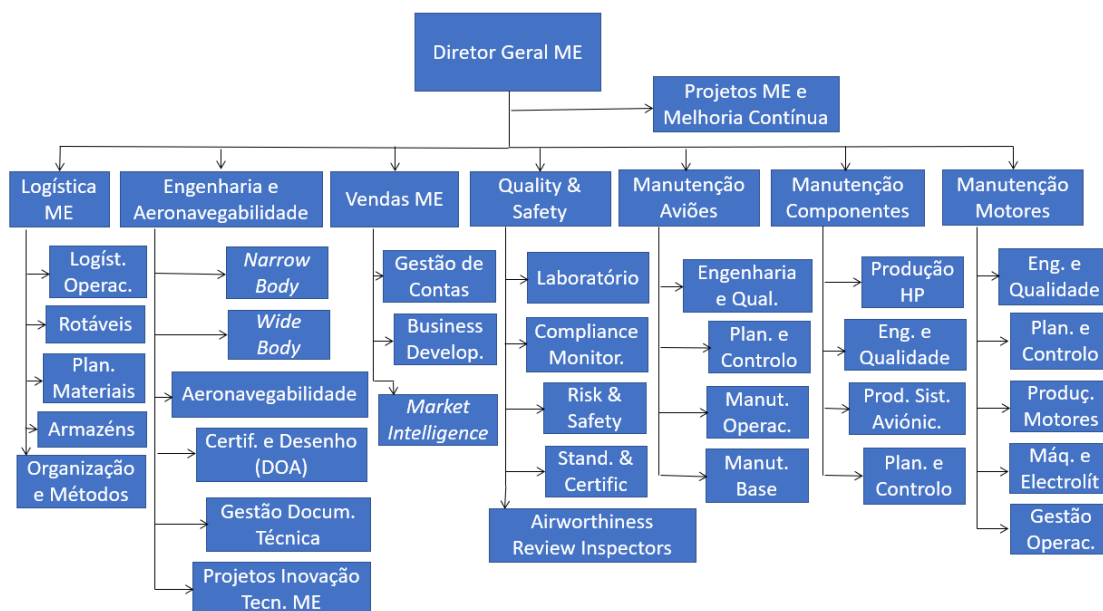


Figura 2.5 - Organigrama da TAP M&E.

Fonte: (TAP Air Portugal, 2022c)

## 2.3 Síntese conclusiva

Neste segundo capítulo foi feita a caracterização das empresas Nortávia e TAP, assim como dos departamentos onde o trabalho foi realizado. Podemos verificar as diferenças entre estas duas empresas, tanto no tipo de operação como as suas diferentes complexidades e diferentes tamanhos. No seguinte capítulo veremos os procedimentos e processos destas duas empresas no âmbito do tema desta dissertação.

<sup>1</sup> DOA significa Aprovação da Organização de Projeto na indústria aeronáutica. É o reconhecimento formal da EASA de que uma Organização de Projeto satisfaz do Regulamento da União Europeia 748/12, conhecida como EASA PART 21, em particular subparte J (nota do autor).

## **3 Estado da Arte da metodologia 6 sigma e da regulamentação aeronáutica**

Neste capítulo serão inicialmente introduzidos conceitos da metodologia *Six Sigma* e as suas ferramentas assim como outras metodologias relevantes de forma a apresentar a respetiva aplicação no setor aeronáutico

Posteriormente, são abordados conceitos da manutenção aeronáutica e aeronavegabilidade, assim como a regulamentação pela qual as organizações se regem no que toca a Programa de Manutenção de Aeronaves, Análise da sua eficácia e Programas de Fiabilidade, permitindo descrever os vários processos a serem integrados na metodologia 6 sigma.

Por fim, são abordados os processos usados por duas empresas com diferentes tipos de aeronaves, assim como diferentes tipos de operações, tendo em conta a regulamentação aplicada a estas organizações.

### **3.1 Six Sigma**

#### **3.1.1. Definição de *Six Sigma***

*Six Sigma*, ou  $6\sigma$ , é simultaneamente uma metodologia para a melhoria do processo e um conceito estatístico que procura definir a variação inerente a qualquer processo. A premissa geral de *Six Sigma* é que a variação num processo leva a oportunidades de erro, e estas oportunidades de erro conduzem então a riscos para defeitos do produto. Ao trabalhar para reduzir variações e oportunidades de erro, o método *Six Sigma* acaba por reduzir os custos do processo e aumenta a satisfação do cliente (The Council for Six Sigma Certification, 2018).

A metodologia *Six Sigma* pode também ser considerada como uma sofisticação e extensão de outras conhecidas iniciativas de melhoria da qualidade tais como TQM (*Total Quality Management*) e o SQC (*Statistical Quality Control*) (Kumar, 2007).

A metodologia *Six Sigma*, segundo Werkema (2002), não traz nada de novo, ou seja, as ferramentas estatísticas usadas já eram conhecidas e usadas pela comunidade da qualidade. Segundo o autor, o sucesso da metodologia *Six Sigma* é justificado pela sua abordagem e pela sua implementação.

*Six Sigma* é uma implementação rigorosa, focada e altamente eficiente de princípios, técnicas de qualidade e ferramentas estatísticas. *Six Sigma* é a rigorosa busca da redução da variação em todos os processos críticos para alcançar melhorias contínuas que aumentam a satisfação e lealdade dos clientes (Rasis *et al.*, 2002). Incorporando princípios do trabalho de muitos pioneiros de qualidade, a *Six Sigma* visa um desempenho empresarial praticamente sem

erros/defeitos em produtos e serviços. Sigma,  $\sigma$ , é uma letra no alfabeto grego usada por estatísticos para medir a variabilidade em qualquer processo. O desempenho de um certo processo/empresa é medido pelo seu nível sigma (Pyzdek & Keller, 2014).

O termo *Six Sigma* ( $6\sigma$ ) tem o significado estatístico de 6 desvios-padrão entre a média e os LIE (limites de especificação inferior) e LSE (limites de especificação superior).

O conceito *Six Sigma* pode ser mais bem compreendido e explicado usando o termo matemático sigma e Distribuição Normal. A curva com uma aparência de um sino mostrada na figura 3.1 é chamada de "distribuição normal" em termos estatísticos.

Uma das características desta distribuição é que 68% da área (ou seja, os pontos de dados) se enquadram na área de  $-1\sigma$  e  $+1\sigma$  em ambos os lados da média. Da mesma forma,  $2\sigma$  de cada lado cobrirá cerca de 95,5% de área.  $3\sigma$  de cada lado da média cobre quase 99,7% de área. Uma curva mais alta indica uma variação mais baixa ou um processo mais capaz. Uma curva de sino mais plana indica uma variação mais alta ou um processo menos capaz.

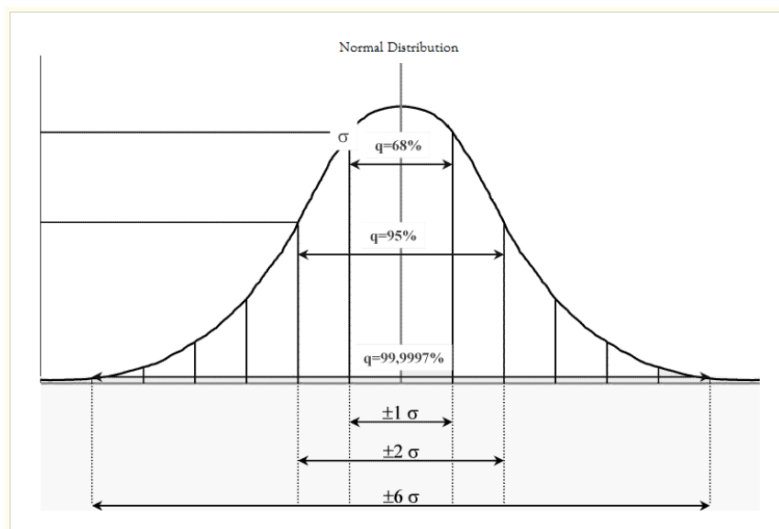


Figura 3.1 – Distribuição Normal.

Fonte: (Deepakkumar, 2017)

Na definição mais simplista,  $6\sigma$  é uma representação estatística para o que muitos especialistas chamam de um processo "perfeito". Tecnicamente, num processo de *Six Sigma*, existem apenas 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO). Em percentagem, isso significa que 99,99966% dos produtos de um processo assente em metodologia *Six Sigma* não têm defeito.

Num processo estável (com pouca variabilidade nos erros/defeitos), a média muda naturalmente até 1,5 sigma a longo prazo em ambos os lados do seu valor de curto prazo. As linhas vermelhas na figura 3.2 mostram o caso extremo de mudança média de 1,5-sigma para a

direita. Segundo Harry e Schroeder (2005), durante um determinado intervalo de tempo, a média de um processo desviar-se-á do seu objetivo inicial por diversas razões, pois o efeito agregado das variações em relação à linha central de um processo irá aumentar a “largura de banda”, isto é, irá aumentar a distância entre o LIE e o LSE de um processo.

Quando isto acontece a probabilidade de ocorrerem erros/ defeitos aumenta radicalmente. O aparecimento destes erros/ defeitos provoca, ao longo do tempo, um desvio da média de um processo em cerca de  $1,5\sigma$ . Na verdade, isto significa que quando uma empresa diz que o seu processo está no nível  $6\sigma$  a sua capacidade é na verdade  $6\sigma$  a curto prazo, mas  $4,5\sigma$  a longo prazo devido ao efeito do desvio de  $1,5\sigma$  da linha central do processo para estes erros/defeitos.

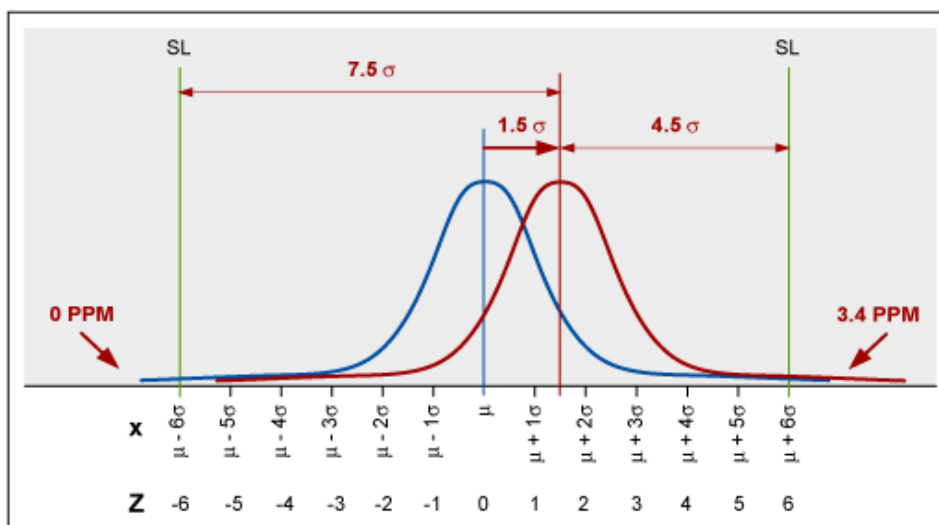


Figura 3.2 - Representação gráfica da média deslocada  $1,5\sigma$ .

Fonte: (Razzaghi, 2019)

Com o auxílio da tabela 3.1, podemos ter uma percepção dos níveis *Six Sigma* comparando o nível Quatro Sigma com 99,4% de produto sem defeito com o nível Seis *Sigma* 99,9997% de produto sem defeito.

Sigma Level	Short term without $1.5\sigma$ shift		Long term with $1.5\sigma$ shift		Cpk
	Defect Rate (DPMO)	Yield	Defect Rate (DPMO)	Yield	
1σ	317,311	68.26%	697,672	30.9%	0.33
2σ	45,500	95.44%	308,770	69.1%	0.67
3σ	2,700	99.73%	66,811	93.3%	1.00
4σ	63.37	99.9937%	6,210	99.4%	1.33
5σ	0.574	99.99943%	233	99.98%	1.67
6σ	0.002	99.999998%	3.4	99.9997%	2.00

dww

Tabela 3.1 - Comparação da melhoria do desempenho em diferentes níveis sigma.

Fonte: (Carvalho, 2020)

De acordo com a tabela 3.1, a melhoria de um processo de um nível 3 Sigma para 4 Sigma consiste em reduzir os defeitos por milhão de oportunidades (DPMO) de 66811 para 6210, pelo que se a melhoria for de um nível 4 Sigma para 5 Sigma, a redução será de 6210 para 233 DPMO. Já a redução de DPMO entre o nível 5 sigma e 6 sigma é de 233 para 3.4, ou seja, é necessário um maior esforço e por sua vez um maior investimento, na medida em que haverá um certo nível em que será economicamente inviável o investimento necessário para a melhoria de um processo.

### 3.1.2. Metodologia Six Sigma- o ciclo DMAIC

A metodologia *Six Sigma* é sistemática e abrangente, pelo que essa sistematização é-lhe dada pelo ciclo DMAIC que em português significa Definir-Medir-Analisar-Melhorar-Controlar. O ciclo DMAIC é essencial nos projetos e nas iniciativas *Six Sigma*.

O ciclo DMAIC acrescenta rigor aos projetos Six Sigma sendo semelhante ao ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) de Deming, pelo que na figura 3.3 é possível ver a relação que existe entre um ciclo de vida de projeto, o ciclo PDCA e o ciclo DMAIC.

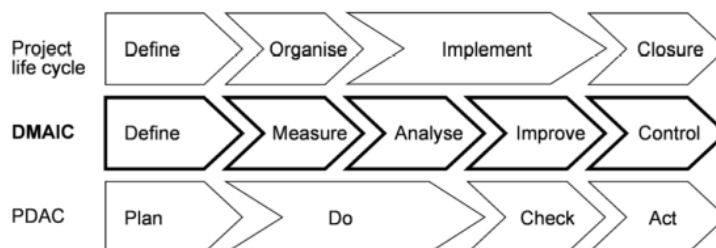


Figura 3.3 - Comparação ciclo DMAIC.

Fonte: (Basu, 2009)

Um dos pontos mais importantes da metodologia *Six Sigma* é a importância das medições e análise de dados para a melhoria dos processos. Segundo Nagi (2010), sem dados existem apenas opiniões.

As fases do ciclo DMAIC estão bem definidas. Estas fases do processo serão explicadas de seguida.

O passo *Define* (Definir) é o primeiro passo. Inicialmente é importante definir o âmbito e os objetivos do projeto. Nesta fase são definidos o que é crítico para a sistema de qualidade (CTQ) que vai avaliar os produtos e/ou serviços para os clientes (Basu, 2009). Algumas das ferramentas usadas nesta fase são o diagrama do processo, *Benchmarking*, o SIPOC (*Supplier*

*Input Process Output Customer*), a carta de projeto e o VOC (*Voice Of the Customer*). Os resultados esperados neste passo são, um relatório *Project Charter*, documentação que relate quem são os clientes e quais os seus requisitos, um relatório com os CTQs definidos, um mapeamento do processo e uma equipa treinada (Basu, 2009).

O passo *Measure* (Medir) é o segundo passo. Na fase *Measure* um ou mais CTQs são medidos com uma boa quantidade de dados. Algumas das ferramentas usadas neste passo podem ser algumas ferramentas do SPC (*Statistical Process Control*), o fluxograma, Cartas de Controlo e Diagramas de Pareto. Os resultados esperados deste passo são, um mapa de processo detalhado que mostre claramente como o seu processo é realizado, bem como dados e gráficos que mostrem se o processo satisfaz os requisitos do cliente (Basu, 2009).

O passo *Analyze* (Análise) é o terceiro passo. O objetivo desta fase é validar as causas dos problemas. Ao analisar os dados da fase *Measure*, são criadas teorias de modo a explicar possíveis causas recorrendo a ferramentas, tais como o FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), *Brainstorming* e diagramas causa-efeito.

Para validar as principais correlações causa-efeito, é vital adquirir mais dados para verificar as causas utilizando métodos de análise de dispersão, testes de hipóteses, ANOVA (*Analise of Variance*), quando justificado. Finalmente, se todas as causas forem justificação para os defeitos pode-se passar à fase seguinte. Para além das ferramentas já enunciadas, a *Five Whys* destaca-se, assim como o DOE (*Design of Experiments*). Causas de erros/defeitos, áreas prioritárias para melhoria, diagramas, outras comparações de dados, são os resultados desta fase (Basu, 2009).

O passo *Improve* (Melhorar) é o quarto passo. São necessárias inspeções constantes durante o passo *Improve* para garantir que os resultados esperados e as soluções aplicadas sejam alcançadas. Para determinar as melhores soluções, podem ser necessárias algumas experiências e testes nesta fase.

O objetivo principal desta fase é reduzir ou eliminar defeitos, bem como custos que estejam direta ou indiretamente relacionados com as necessidades do cliente. DOE e simulação são exemplos de ferramentas e abordagens usadas na fase *Improve*. Os principais resultados desta fase incluem as melhorias a serem introduzidas bem como um processo melhorado que seja estável, previsível e atenda às necessidades dos clientes (Basu, 2009).

O passo *Control* (Controlar) é o quinto e último. O objetivo deste passo é terminar o projeto e dar o processo melhorado ao cliente, juntamente com os processos necessários para manter os resultados. No passo *Control*, deve ser assegurada a fiabilidade e a estabilidade do processo, bem como a sua capacidade. SPC, FMEA e *Benefit Tracking* são exemplos de ferramentas e procedimentos utilizados no passo *Control*. Uma análise custo-benefício, um

sistema de monitorização do processo, e um relatório final do projeto são os principais resultados da fase *Control* (Basu, 2009).

Como resumo do ciclo DMAIC, é impossível medir um processo quando este não é bem definido. É impossível analisar sem medir, e não pode haver melhoria ou manutenção de resultados sem análise por não saber o que melhorar. É assim criado um ciclo, no qual é iniciado um novo projeto após a fase *Control*.

### **3.1.3. Ferramentas *Six Sigma***

Como já foi referido, existem diversas ferramentas usadas ao longo das fases do ciclo DMAIC. De uma forma sucinta, as mais usadas são: Modelo de Kano, Diagrama de Pareto (Análise ABC), SIPOC, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Process Map*, *Voice of the Customer* (VOC), Brainstorming, Controlo Estatístico de Processo (SPC), *Critical-To-Quality Tree* (CTQ), *Quality Function Deployment* (QFD – *House of Quality*), Diagrama de Afinidades, Matriz de Prioridades (GxUxT), Histograma, *Project Charter*, *Design Of Experiments* (DOE), Diagramas de Causa-Efeito (ou Diagrama de Ishikawa), Ciclo PDCA (*Plan-Do-Control-Act*), Teste de hipóteses, entre outras.

Para o contexto desta dissertação é importante aprofundar melhor algumas destas ferramentas enunciadas, tais como o Diagrama de Pareto, Cartas de Controlo e Diagrama Causa-efeito, sendo estas as mais usadas para este trabalho.

"*Pareto Analysis*" é uma técnica de tomada de decisão estatística que envolve a seleção de um pequeno número de atividades que têm um grande impacto global. Usa o Princípio de Pareto (também conhecido como regra 80/20) a ideia de que uma grande maioria dos problemas (80%) são produzidos por algumas causas-primárias (*root cause*) (20%). A regra 80/20 pode ser aplicada a quase tudo (Kent, 2016):

- 80% das reclamações dos clientes surgem de 20% dos seus produtos ou serviços.
- 80% dos atrasos no calendário surgem de 20% das possíveis causas dos atrasos.
- 20% dos seus produtos ou serviços representam 80% do seu lucro.
- 20% da sua força de vendas produz 80% das receitas da sua empresa.
- 20% dos defeitos dos sistemas causam 80% dos seus problemas.

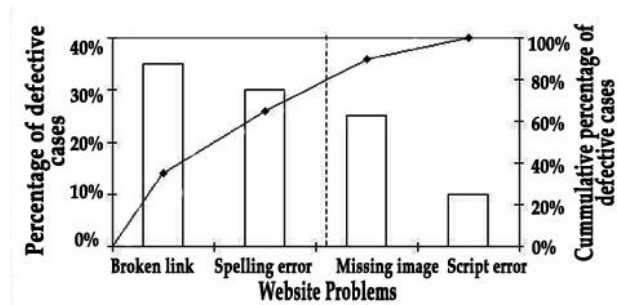


Figura 3.4 – Diagrama de Pareto.

Fonte: (Vivekananthamoorthy & Sankar, 2011)

O Princípio de Pareto tem muitas aplicações no controlo de qualidade. É a base para o diagrama de Pareto, uma das ferramentas-chave utilizadas no controlo total de qualidade e *Six Sigma*. O diagrama de Pareto serve para identificar as principais causas dos erros/defeitos de um processo. Como podemos ver na figura 3.4, a causa *broken link* é a principal causa do problema (*website problem*), seguindo-se as outras. Desta forma, usando a análise de Pareto conseguimos identificar as principais causas de um certo problema num processo, na medida em que a resolução/mitigação destas causas resultará numa grande diminuição de erros/defeitos num determinado produto/serviço.

Já os gráficos de controlo são uma ferramenta estatística usada para distinguir entre variação num processo resultante de causas comuns e variação resultante de causas especiais (causas intermitentes ou imprevisíveis que não são comuns). Apresenta uma mostra gráfica de estabilidade ou instabilidade do processo ao longo do tempo, como mostra a figura 3.5. Cada processo tem variações. Estas variações podem ser o resultado de causas que normalmente não estão presentes no processo, ou seja, pode ser uma variação devido a uma causa especial.

As variações são o resultado de numerosas diferenças sempre presentes num processo, sendo estas variações resultantes de causas comuns. Os gráficos de controlo diferenciam entre estes dois tipos de variação sendo um dos objetivos da utilização de um gráfico de controlo alcançar e manter a estabilidade dum processo.

A estabilidade do processo é definida como um estado em que um processo demonstrou um certo grau de consistência no passado e espera-se que continue a fazê-lo no futuro. Esta consistência caracteriza-se por um fluxo de dados que se enquadram nos limites de controlo baseados em desvios padrão.

Um processo estável é um processo consistente ao longo do tempo no que diz respeito à variabilidade e à disseminação estatística dos dados. Os gráficos de controlo ajudam-no a monitorizar o comportamento do seu processo para determinar se é estável. Uma empresa

beneficiará da utilização de um gráfico de controlo quando pretender monitorizar a variação do processo ao longo do tempo.

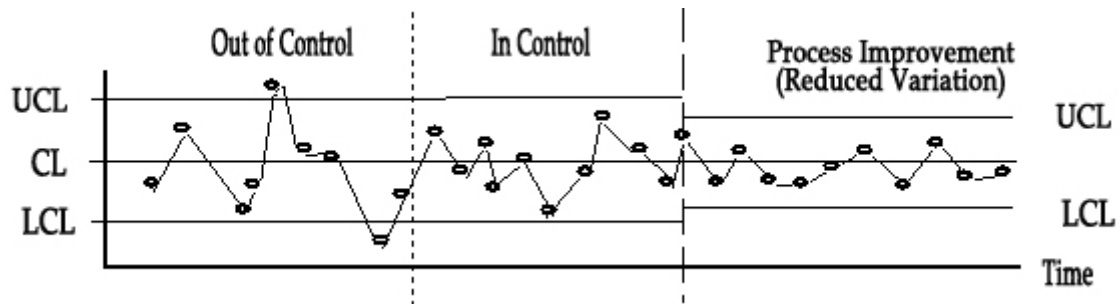


Figura 3.5 – Gráfico de Controlo.

Fonte: (Vivekananthamoorthy & Sankar, 2011)

Os diagramas de causa e efeito (conhecidos por *fishbone diagrams*) mostram graficamente potenciais causas de um problema. São muito eficazes em estimular o pensamento durante as sessões de *brainstorming*. Os diagramas de causa e efeito também nos ajudam a entender melhor as relações entre potenciais causas. Podemos também utilizar para organizar quais as causas potenciais que foram investigadas e que se revelaram significativamente contribuir para o problema. Na figura 3.6 está demonstrado um exemplo genérico de um diagrama de causa e efeito.

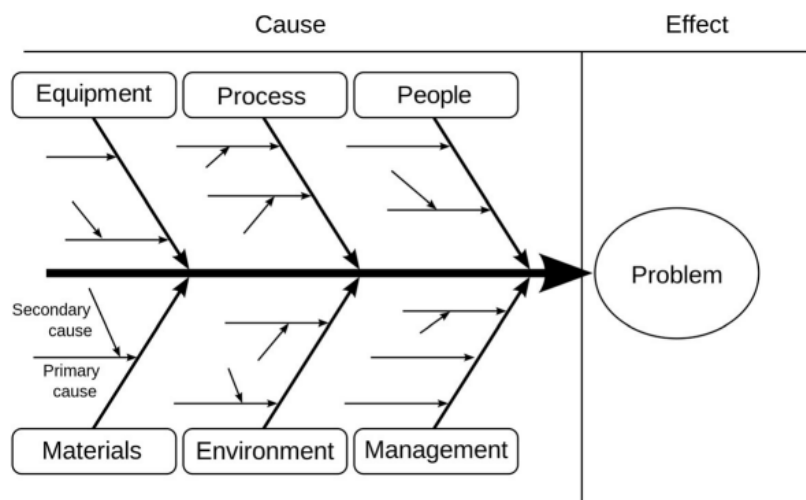


Figura 3.6 - Diagrama de causa e efeito genérico.

Fonte: (Gartlehner, *et al.*, 2017)

### 3.1.4. Mal-entendidos sobre Six Sigma

Embora a metodologia *Six Sigma* tenha provado ser um sucesso, sempre houve alguns equívocos. Muitas pessoas consideram-na a “moda do mês”. É necessário ter em mente que é

uma estratégia, que evoluiu através de filosofias de gestão de Deming<sup>2</sup> e gestão de qualidade total (TQM).

Esta metodologia centra-se no cliente, mantém a estrutura de formação completa e traça o valor do ponto de vista do cliente considerando qualidade, serviço e entrega. Outro equívoco é que o objetivo de 3,4 defeitos por milhão é absoluto e deve ser obtido para todas as oportunidades.

O último equívoco da metodologia *Six Sigma* é que se trata apenas de um programa de qualidade. Como já foi dito anteriormente, a metodologia *Six Sigma* relaciona a qualidade e os requisitos dos clientes, o que significa que envolve todos os responsáveis pela entrega de um produto final ao cliente (Arnheiter & Maleyeff., 2005).

### **3.1.5. Comparação entre metodologias de melhoria de processos**

Existem variadas metodologias de melhoria para além da metodologia *Six Sigma* tais como as metodologias *Lean*, *Kaizen Blitz*, *Theory of Constraints*, entre outras.

É relevante referir que embora ambas metodologias, *Six Sigma* e *Lean*, tenham feito melhorias nas organizações individualmente, juntas complementam-se, havendo esta integração conhecida como *Lean Six Sigma* (George, 2003). Por este motivo a metodologia *Lean* será de seguida explicada de forma sucinta.

O objetivo principal do conceito *Lean* é a redução do desperdício. De acordo com o Instituto *Lean*<sup>3</sup>, o objetivo fundamental da metodologia denominada de *Lean Techniques* (LT) é oferecer valor ao cliente por meio de um processo de valor agregado ideal sem desperdício. Baseado num estudo realizado pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts, a adoção de LT requer metade do esforço em design, desenvolvimento e tempo do que um processo de produção normal (Standard & Davis, 1999).

### **3.1.6. Six Sigma no mundo aeronáutico**

Diversas companhias aéreas internacionais como Air Canada, Air France, America West, Qantas Airlines, Delta Airlines, Southwest Airlines, All Nippon Airways, British Airways, Emirates Airlines, Alaska Airlines, Etihad Airways, Kenya Airways, Auckland International Airport já abraçaram a metodologia *Six Sigma* com sucesso. Alguns exemplos da implementação bem-sucedida da metodologia *Six Sigma* são:

A Air Canada iniciou a prática da metodologia *Six Sigma* em toda a empresa em 2002 e desde então, a empresa tem sido bem-sucedida. O seu treino é feito internamente contando com

---

<sup>2</sup> William Edward Deming foi um dos maiores gestores de qualidade da história, foi um estatístico amplamente reconhecido pela melhoria dos processos. A filosofia de Deming está toda contida no que costuma chamar de “quatorze princípios de Deming” (nota do autor).

<sup>3</sup> O *Lean Institute* é uma organização que realiza pesquisas e compartilha informações práticas que promovem o pensamento e a prática da metodologia *Lean* (nota do autor).

mais de 1200 projetos no banco de dados de projetos e mais de 100 projetos fechados. A empresa conseguiu que mais de 450 milhões de dólares em benefícios (Pitts, 2003).

Na Delta Air Lines o esforço de aplicação da metodologia *Lean Six Sigma* foi incorporado na divisão de manutenção e começou a fluir para outras áreas da companhia aérea, como o Aeroporto e o Serviço ao Cliente a bordo. Contando com uma redução em 45% da quantidade de transporte desnecessário de peças de aeronaves através da resolução de problemas e agendamento de eventos de manutenção a nível do sistema, resultando numa redução de inventário de 6,2 milhões de dólares.

A empresa conseguiu também uma normalização e agendamento do processo de troca de pneus e de troca local para reduzir em 90% a quantidade de transporte desnecessário, com uma redução de inventário em 3,7 milhões de dólares e ganhos de eficiência de processos. O projeto resultou numa redução de 75% nas paragens de trabalho e numa melhoria de 55% nos níveis de serviço de componentes e na redução de inventário (TOCPA, 2016).

A Etihad Airways tem estado a trabalhar numa iniciativa de implantação da metodologia *Six Sigma* para melhorar os processos de qualidade e as normas de desempenho. Durante a iniciativa, o Etihad conseguiu identificar e minimizar as atividades diárias com atrasos. Os atrasos foram reduzidos, e a equipa de manutenção da Etihad Airways Light estabeleceu um recorde para a substituição de um motor Boeing 777 em menos de 7 horas. O tempo típico para substituir um motor de avião é geralmente entre 20 e 25 horas (Lianapress, 2013).

A Kenya Airways implementou a metodologia *Lean Six Sigma* em 2009. Tem um programa completo de "*World Class Organization*" desde 2012. Até agora, foram formados 150 profissionais a tempo inteiro e a tempo parcial, mais de 1.000 processos mapeados, mais de 20 projetos de melhoria concluídos e custos reduzidos em 10 milhões de dólares (Pzydek, 2019).

Foi implementada uma iniciativa da metodologia *Lean Six Sigma* a um aeroporto, abordando todos os principais processos de passageiros e aeronaves no aeroporto mais movimentado da Nova Zelândia, o Aeroporto Internacional de Auckland. Estas atividades de melhoria trouxeram uma série de ganhos de eficiência para as chegadas internacionais, partidas e processos de operação aeronáutica (Auckland International Airport, 2010). Os principais destaques de desempenho incluem (Beca, 2012):

- Redução de 50% no tempo de processamento de passageiros através de chegadas internacionais (apesar do aumento da quantidade de passageiros).
- Tempos de processamento foram melhorados de 8.300 passageiros por dia, com 64% processados em menos de 25 minutos para 11.600 passageiros por dia, com 85% processados em menos de 25 minutos.

- Nas partidas, o tempo de processamento foi melhorado passando de 84% dos passageiros processados em menos de 12 minutos para 97%.

A empresa Goodrich Aircraft Wheels and Brakes contou com *Quality Management System* das suas instalações, que são certificadas segundo a norma ISO 9001:2000<sup>4</sup> e AS9100<sup>5</sup>, para servir de base para melhoria contínua. As ferramentas de melhoria contínua, incluindo um programa de implementação da metodologia *Six Sigma*, são usadas para satisfazer os requisitos de melhoria dos padrões em curso e, o mais importante, para aumentar a competitividade organizacional e reduzir custos (Goodrich Corporation, 2007).

Também a Lockheed Martin utiliza a metodologia *Lean Six Sigma*. A Lockheed Martin produz sistemas aeronáuticos e espaciais. A empresa colocou em prática a metodologia *Lean Six Sigma* em 1998 sob o nome "LM21 *Best Practices*" (Steinbrunner, 2005). A implementação da metodologia *Lean Six Sigma* Lockheed Martin abrangeu cerca de 5.000 projetos, a maioria dos quais foram projetos de melhoria. Tudo começou com o objetivo de reduzir os custos e gastos na produção em 3,7 mil milhões de dólares durante um período de quatro anos, resultando em cerca de 4 mil milhões de dólares em poupanças de custos (Steinbrunner, 2005).

A manutenção aeronáutica é diferente da atividade de fabricação, principalmente pela variabilidade que existe na manutenção aeronáutica. Na manutenção aeronáutica apesar de as inspeções estarem planeadas existe uma forte variação nas tarefas a desenvolver como resultado das anomalias detetadas. Embora a manutenção aeronáutica tenha reduzidas semelhanças com uma linha de produção, ambas têm a comum necessidade de os processos terem de ser eficientes, organizados, de baixo desperdício, etc.

## **3.2 Manutenção aeronáutica e aeronavegabilidade**

Devido à importância de alguns conceitos imprescindíveis para compreender os seguintes capítulos, foi incluído nesta dissertação um capítulo denominado "Manutenção Aeronáutica e Aeronavegabilidade".

### **3.2.1. Aeronavegabilidade**

Aeronavegabilidade é um termo crucial nas operações de voo. Uma aeronave é considerada aeronavegável se todas as condições de segurança forem satisfeitas para que possa voar em segurança. Aeronavegabilidade é a propriedade ou capacidade de uma aeronave de realizar um voo seguro ou navegar com segurança no espaço aéreo, para o transporte de pessoas, bagagens ou cargas, ou para a realização de serviços aéreos especializados, policiais ou

---

<sup>4</sup> A norma ISO 9001:2000 especifica os requisitos para um sistema de gestão da qualidade que uma organização precisa para demonstrar a sua capacidade de fornecer de forma consistente produtos com qualidade e visa aumentar a satisfação do cliente através da aplicação eficaz do sistema, incluindo processos para melhoria contínua do sistema e a garantia de conformidade com os requisitos do cliente e normas aplicáveis (nota do autor).

<sup>5</sup> A norma AS9100 é uma norma inspirada na norma ISO 9001, especificando requisitos para um sistema de gestão da qualidade adotado e padronizado pela indústria aeroespacial (nota do autor).

outros. Como este conceito é passível de ser interpretado de várias maneiras, existem entidades reguladoras (como veremos mais tarde) que atuam como autoridades e têm o objetivo específico de regular a operação de todas as aeronaves que voem num espaço aéreo determinado.

### **3.2.2. Gestão da Aeronavegabilidade Continuada**

A Gestão da Aeronavegabilidade Continuada de um operador aéreo é responsabilidade da sua área Parte-M<sup>6</sup>, gerida por uma direção que, em algumas operadoras, se designa por Departamento de Manutenção e Engenharia.

A sua função é definir os processos que asseguram que, em qualquer momento da sua vida útil, a aeronave cumpre os requisitos de aeronavegabilidade em vigor e está em condições de uma operação segura. Esta é uma área complexa de gerir, pois envolve a interação entre diversos departamentos de uma operadora aérea.

O Departamento de Manutenção e Engenharia pode ser dividido em várias secções com o objetivo de simplificar e melhorar o controlo da aeronavegabilidade da frota. O layout deste departamento difere de um operador para outro, devendo considerar os seus recursos, bem como o tamanho da sua frota.

### **3.2.3. Manutenção aeronáutica**

Os processos de manutenção aeronáutica desempenham um papel vital de modo a garantir a operação segura das aeronaves (Stadnicka *et al.*, 2017).

O objetivo da manutenção de aeronaves é compensar a deterioração da aeronave causada pelas horas de voo e pelos ciclos de voo e fazer regressar o mesmo à capacidade original para voar, o mais aproximadamente possível (Sahay, 2012).

O principal objetivo da manutenção aeronáutica é segurança, a fiabilidade e a aeronavegabilidade da aeronave. A manutenção é um “processo que assegure que um sistema desempenhe continuamente a sua função com os mesmos níveis de fiabilidade e segurança para o qual foi projetado” (Kinnison, 2004).

Segundo a Agência Europeia para a Segurança na Aviação (EASA), através do Regulamento EU N<sup>o</sup> 1321/2014 da Comissão Europeia, define-se manutenção como “qualquer revisão, reparação, inspeção, substituição, modificação ou retificação de avarias, bem como qualquer combinação destas operações, executada numa aeronave ou num componente da aeronave, à exceção da inspeção pré-voos” (EASA, 2022, p.34).

---

<sup>6</sup> O anexo I do Regulamento (UE) n.º 1321/2014, denominado Parte M (Requisitos de Aeronavegabilidade Continuada), estabelece os procedimentos a serem adotados para assegurarem a continuidade da aeronavegabilidade incluindo a que se refere à manutenção de aeronaves (nota do autor).

Posto isto, é relevante referir que em aeronáutica existem dois principais tipos de manutenção, a manutenção programada (*Scheduled Maintenance*) e a manutenção não programada (*Unscheduled Maintenance*).

### **3.2.3.1. Manutenção programada**

A manutenção programada (*Scheduled Maintenance*) está muitas vezes associada à manutenção preventiva. Este tipo de manutenção consiste em ações de manutenção periódica. A manutenção preventiva corresponde à manutenção feita antes da falha de um certo componente ocorrer, de modo a manter o seu ótimo funcionamento, ou seja, é um tipo de manutenção que tem como objetivo reduzir a manutenção não programada. Esta manutenção é feita regularmente, como diariamente, após cada voo, após uma quantidade específica de horas de voo, ou após cada ciclo<sup>7</sup> (Kinnison 2004).

Para Silva (2005) a manutenção preventiva, procura constantemente evitar falhas, ou seja, prevenir. O referido autor considera a Manutenção Preventiva como um conjunto de atividades programadas, geralmente repetitivas, que permitem verificar e manter um determinado nível de funcionamento (Silva *et al.*, 2005).

Aprofundando o conceito manutenção preventiva podemos identificar a manutenção preventiva sistemática e a manutenção preventiva condicional (Ghobbar, 2010).

Por ser feita em função de certos prazos e limitações de tempo, a manutenção preventiva sistemática está relacionada com o termo *hard-time*. Este período de tempo corresponde à vida útil de um componente em que este tem de ser substituído ou inspecionado, podendo este ser gerido de várias maneiras, seja por tempo de calendário ou por número de aterragens, entre outras.

A manutenção preventiva condicional está ligada ao termo *on-condition* pois depende do estado do componente. Antecipando a falha do componente, este tipo de trabalho continua a ser feito do ponto de vista da prevenção, mas também é feito para avaliar o estado do componente (Ghobbar, 2010). Por outras palavras, este tipo de manutenção engloba inspeções, testes e medições programadas para determinar se um item está dentro dos limites pré-definidos e permanecerá em condições até à próxima inspeção, teste ou medição programada.

### **3.2.3.2. Manutenção não programada**

A manutenção não programada (*Unscheduled Maintenance*) ocorre quando há um problema inesperado com a aeronave que deve ser resolvido imediatamente para garantir a segurança operacional. Muitas vezes é necessário realizar manutenção corretiva.

---

<sup>7</sup> Ciclo corresponde por regra à duração do tempo entre uma aterragem e uma descolagem (nota do autor).

A manutenção corretiva corresponde às tarefas de manutenção que são realizadas para identificar, isolar e reparar uma falha de modo a restaurar um componente ou um sistema para que possa desempenhar a função pretendida. A manutenção corretiva é frequentemente associada a avarias ou manutenção reativa e pode incluir resolução de problemas, desmontagem, regulação, reparação, substituição e realinhamento (Parra & Júnior, 2018).

Portanto, a manutenção corretiva ocorre quando acontece uma avaria inesperada ou detetado um *finding*, isto por não estar em vigor nenhum plano de manutenção, ou porque o componente falha antes da sua inspeção ou manutenção programada. Enquanto a manutenção preventiva ocorre em função do tempo ou do estado, a manutenção corretiva ocorre em função da avaria ou deteção de falhas.

Mesmo surgindo falhas em componentes e dependendo da situação, a aeronave pode continuar a voar em segurança devido à sua redundância incorporada, mas o equipamento (geralmente) precisa de ser reparado antes da próxima descolagem. Se não for possível reparar o equipamento durante o *Turnaround Time*, o voo será adiado até que a falha seja eliminada. Dependendo da anomalia, é possível que a aeronave tenha de permanecer no solo até que esta seja corrigida. A necessidade de a aeronave permanecer em terra depende da *Minimum Equipment List* (MEL<sup>8</sup>) (ICAO, 2015).

### **3.2.3.3. Condition Monitoring**

Segundo Ren *et al.* (2017) a manutenção programada situa-se entre a manutenção preventiva e a manutenção *condition monitoring*. No entanto nesta dissertação o termo *condition monitoring* será descrito separadamente da manutenção programada e não programada por ter características de ambos os tipos de manutenção.

A manutenção denominada de *condition monitoring* consiste na monitorização da condição do sistema e na tendência da condição do sistema (Niu & Pecht, 2009).

A monitorização da condição mede constantemente e analisa os parâmetros relevantes dos componentes mecânicos e elétricos durante o funcionamento do componente. Estes parâmetros são selecionados para monitorização que permite determinar a condição e o estado de falha. A necessidade de manutenção do componente só é indicada, se os parâmetros mostrarem uma degradação predefinida do componente (Kolerus & Wassermann, 2011).

---

<sup>8</sup> O MEL baseia-se na *Master Minimum Equipment List* (MMEL) que é aceite pelas autoridades nacionais de aeronavegabilidade. O MEL é uma lista definida pelo operador tendo por base a lista Master MEL que é da responsabilidade do detentor do certificado de tipo. Ambas as listas contêm itens que no início de operação de uma aeronave podem estar inoperativos, tendo a sua resolução um prazo pré-definido (nota do autor).

A diferença entre a manutenção *conditioning monitoring* e a *on-condition* é que a *on-condition* verifica/inspeciona um sistema a intervalos definidos enquanto a *conditioning monitoring* monitoriza continuamente a condição deste. O termo *condition monitoring* está muitas vezes associado à manutenção preditiva. A manutenção preditiva, também conhecida como técnica de manutenção baseada na condição do componente, avalia o estado real do equipamento utilizando recursos e equipamentos específicos de forma a apoiar o planeamento preventivo da manutenção.

Este tipo de manutenção visa a deteção precoce de possíveis falhas no equipamento, evitando assim o surgimento de problemas mais complexos, o que ajuda a planear a manutenção com base em dados reais (IBM, 2014).

Um conceito que é importante referir é o conceito de manutenção preditiva, que utiliza as condições reais de um equipamento ou sistema para a sua própria otimização. Além disso, a manutenção preditiva utiliza parâmetros e dados reais de monitorização, que podem ser submetidos a uma análise cuidadosa e lógica e objetiva através de um processo automatizado, reduzindo assim a probabilidade de erro humano (Parra & Júnior, 2018).

### **3.2.4. Entidades reguladoras**

Como já foi referido, as organizações/operadoras que realizam as atividades de manutenção de aeronaves têm de estar de acordo com as normas e regulamentações das autoridades aeronáuticas. Esta regulamentação tem como objetivo garantir que as aeronaves sejam permanentemente aeronavegáveis para efeitos de operação, ou seja, que sigam os regulamentos de aeronavegabilidade contínua e sejam operadas com segurança.

No mundo aeronáutico, ninguém pode realizar manutenção de material de voo nem emitir certificados de aptidão para voo a menos que tenha uma organização de manutenção que tenha sido certificada pela autoridade aeronáutica competente.

Seguidamente apresentam-se de forma sucinta as seguintes entidades: ICAO, EASA e ANAC.

#### **3.2.4.1. International Civil Aviation Organization (ICAO)**

A Organização Internacional da Aviação Civil, ICAO (International Civil Aviation Organization), é uma agência especializada das Nações Unidas criada em 1947 com 191 países-membros. Foi estabelecida em 1944 e a sua sede permanente fica na cidade de Montreal, Canadá.

Os seus principais objetivos são o desenvolvimento dos princípios e técnicas de navegação aérea internacional e a organização e o progresso dos transportes aéreos, de modo a favorecer a segurança, a eficiência, a economia e o desenvolvimento dos serviços aéreos.

A ICAO desenvolve também um trabalho importante no campo da assistência técnica, procurando organizar e dar maior eficiência aos serviços de infraestrutura aeronáutica nos países em desenvolvimento. Esta organização assume cinco grandes compromissos estratégicos para cumprir o seu objetivo de apoiar a rede global de transportes aéreos, que deverá duplicar a capacidade até 2030, de acordo com as suas previsões.

Estes compromissos incluem a melhoria da segurança da aviação civil, a segurança operacional, o reforço da capacidade e eficiência da navegação aérea através da modernização das infraestruturas, a promoção do desenvolvimento económico e a minimização dos impactos ambientais da aviação civil (ICAO, 2016).

Vale a pena notar e diferenciar os termos de *Security* (segurança de pessoas e bens) e *Safety* (segurança operacional). O termo *Security* refere-se à gestão de medidas que protegem a atividade de atos ilícitos que põem em risco a segurança, enquanto a *Safety* se refere a atividades de apoio na operação de aeronaves (Moço, 2019).

#### **3.2.4.2. The European Authority for Aviation Safety (EASA)**

A autoridade aeronáutica que promove os standards de segurança e de proteção ambiental comuns a toda a União Europeia é a EASA.

A *European Authority for Aviation Safety* (EASA) é uma agência da União Europeia criada em 2002 pelo Regulamento (CE) n.º 1592/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho, a fim de assegurar um nível elevado e uniforme de segurança na aviação civil, através da aplicação de regras e medidas comuns de segurança.

A EASA assumiu as responsabilidades do antigo sistema de autoridades da aviação conjunta (JAA), que cessou em 30 de junho de 2009, funcionando diretamente ao abrigo dos estatutos da UE.

A principal diferença entre a EASA e a JAA é que a EASA é a entidade reguladora que utiliza as NAAs (*National Aviation Authorities*) para aplicar os seus regulamentos, enquanto a JAA encarregava as NAAs de aplicar os seus códigos harmonizados sem ter qualquer força de direito na fonte. Uma vez que é evidentemente impossível criar um novo sistema regulamentar "de um dia para o outro" a EASA teve de aceitar grandes partes do sistema JAA como seu, enquanto desenvolve o novo sistema harmonizado exigido nos termos do estatuto da UE.

Atualmente, a estrutura dos regulamentos da EASA é a que se encontra definida na figura 3.7.

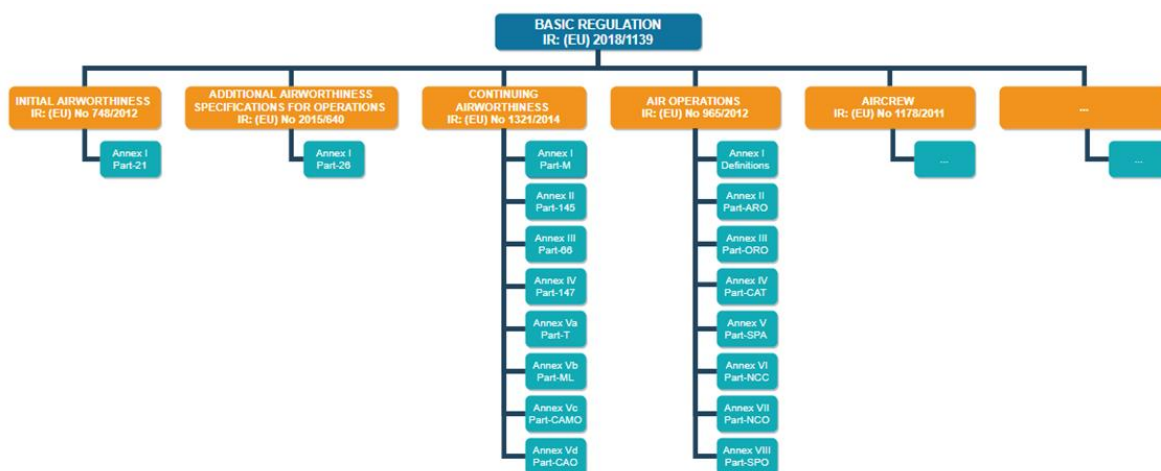


Figura 3.7 – Estrutura dos Regulamentos da EASA.

Fonte: (Streamlining Aviation Solutions, 2021)

Em suma, em 2003, a Comissão Europeia promulgou o Regulamento (CE) n.º 2042/2003 da Comissão <sup>9</sup> "relativo à aeronavegabilidade permanente das aeronaves e dos produtos, peças e equipamentos aeronáuticos, bem como à certificação das entidades e do pessoal envolvidos nestas tarefas", o qual, no essencial, define em termos administrativos a continuidade da aeronavegabilidade na ótica das operações, manutenção e formação. (CE, 2003, p.1)

Para o efeito está dividido em quatro anexos:

- O anexo I, denominado Parte M (Requisitos de Aeronavegabilidade Continuada), estabelece os procedimentos a serem adotados para assegurarem a continuidade da aeronavegabilidade incluindo a que se refere à manutenção de aeronaves. Especifica as condições a cumprir por pessoas e entidades envolvidas na aeronavegabilidade permanente.
- O anexo II, denominado Parte 145 (Aprovações da Organização de Manutenção), estabelece as condições que uma empresa deve reunir para realizar a manutenção de aeronaves, bem como de componentes e sistemas aeronáuticos.
- O anexo III, denominado Parte 66 (Certificação do Pessoal), apresenta os requisitos de qualificação para o pessoal responsável pela certificação de aeronaves. Especifica os requisitos para a obtenção de uma licença de

<sup>9</sup> Em 2014, o Regulamento (CE) n.º 2042/2003 da Comissão foi revogado pelo Regulamento (UE) n.º 1321/2014 (nota do autor).

manutenção aeronáutica, bem como os termos e condições que regem a sua validade e aplicação.

- O anexo IV, denominado Parte 147 (Organizações e Requisitos de Formação Técnica), estabelece os requisitos a observar pelas entidades que ministram formação em matérias de manutenção, nos termos da Parte 66, de forma a estarem aptas a: (i) Ministrar cursos básicos de formação reconhecidos; (ii) Ministrar cursos básicos de formação tipo reconhecidos; (iii) Realizar exames; (iv) Emitir certificados de formação.

Cada Parte é composta pela secção A (denominada "Requisitos Técnicos") que contém os requisitos que uma organização deve obedecer e a secção B (designada "Procedimento das Autoridades Competentes") que contém os requisitos a que uma autoridade competente deve obedecer para efeitos de assegurar o cumprimento do regulamento no respetivo país membro.

As secções são ainda divididas em Subpartes (A,B,C...) compostas por uma série de requisitos que abrangem diferentes tópicos e algumas subpartes podem não ser aplicáveis às suas organizações.

Para efeitos de implementação da cada uma das Partes, a EASA disponibiliza informação complementar, com cumprimento obrigatório, no sentido em que inclui as instruções que têm que ser tomadas em conta para efeitos de certificação em termos de Parte M, 145, 66 e 147.

Esses elementos normativos da EASA denominam-se *Acceptable Means of Compliance* (AMC) e *Guidance Material* (GM) (EASA, 2022).

Os normativos AMC - *Acceptable Means of Compliance* (que se podem traduzir por condições aceitáveis de cumprimento) - são orientações não vinculativas emitidos pela EASA para definir formas de estabelecer o cumprimento dos requisitos essenciais. Os AMCs ilustram um meio, mas não o único meio, pelo qual uma especificação contida numa norma de aeronavegabilidade pode ser cumprida. Os AMCs são bastante úteis na criação de uma nova organização e fornecem uma perspetiva do que a entidade reguladora exige. Mesmo que os AMCs não sejam vinculativos é necessário assegurar à Autoridade Competente que o seu método apresenta um nível de cumprimento equivalente.

Os normativos GM - *Guidance Material* (que se pode traduzir por Instruções Guia ou Instruções Orientativas) - são materiais não vinculativos desenvolvidos pela EASA que ajudam a ilustrar o significado de um requisito ou especificação, sendo utilizados para apoiar a interpretação de um certo regulamento ou de AMCs.

Em 2019, o Regulamento de Execução (UE) 2019/1383 altera o Regulamento (UE) n.º 1321/2014 e introduz uma nova estrutura a ter em conta no domínio da aeronavegabilidade contínua, como podemos ver na figura 3.7, deixando de ter apenas 4 anexos, e passando a incluir mais um anexo subdividido em 4 partes, a saber, Parte T, ML, CAMO e CAO <sup>10</sup> (UE, 2019).

Desta alteração destaca-se a circunstância de se passar a dispor de duas organizações específicas para a gestão da aeronavegabilidade continuada (também conhecida como permanente) das aeronaves, a Parte CAO (Organização Combinada de Aeronavegabilidade) e a Parte CAMO (Organização de Gestão Continuada da Aeronavegabilidade)

A Parte CAMO fornece requisitos para a Organização de Gestão da Aeronavegabilidade Contínua (CAMO) e, em comparação com a organização da subparte G da Parte M, a principal diferença é a introdução de princípios de SMS <sup>11</sup>.

A Parte CAO fornece um novo conjunto de requisitos para a Organização Combinada de Aeronavegabilidade e essa organização pode realizar atividades CAMO ou atividades de organização de manutenção, ou ambas, mas limitadas a aeronaves que não sejam classificadas como aeronaves complexas a motor e não estejam enumeradas no certificado de operador aéreo de uma transportadora aérea à qual tenha sido concedida uma licença de exploração em conformidade com o regulamento (CE) n.º 1008/2008.

Este tipo de aprovação contém requisitos adequados às aeronaves com a sua respetiva aplicabilidade, assim como privilégios combinados para manutenção, gestão contínua da aeronavegabilidade e para revisões e autorizações de aeronavegabilidade. Não é exigido a formação por SMS para organizações da Parte CAO.

A regulamentação sofreu também outras alterações, o Regulamento de Execução da Comissão (UE) 2019/1383 introduziu requisitos mais flexíveis para a manutenção de aeronaves ligeiras estabelecidas pelo Regulamento da Comissão (UE) n.º 1321/2014 através da introdução de uma nova "Part" - Anexo Vb (Parte ML), ou seja, um Regulamento da Comissão (UE) n.º 1321/2014, sujeito a requisitos simplificados correspondentes à menor complexidade associada às aeronaves ligeiras em geral.

Em conformidade com o parágrafo 2 do artigo 3.º do Regulamento (UE) n.º 1321/2014, a Parte ML aplica-se às seguintes aeronaves não complexas a motor não enumeradas no

---

<sup>10</sup> Em 2020 a EASA emitiu uma versão denominada de consolidada do regulamento 1321/2014 que agrega a nova estrutura prevista no Regulamento (UE) 2019/1383 (nota do autor).

<sup>11</sup> SMS (*Safety Management System*) é a abordagem formal em toda a organização para gerir riscos de segurança e garantir a eficácia do controlo de riscos de segurança. Inclui procedimentos sistemáticos, práticas e políticas para a gestão de riscos de segurança (nota do autor).

certificado de operador aéreo de uma transportadora aérea licenciada em conformidade com o Regulamento (CE) n.º 1008/2008, ou seja, que cumpram os seguintes critérios:

1. Aviões de massa máxima de descolagem (MTOM) inferior ou igual a 2 730 Kg;
2. Aeronaves com pás rotativas (rotorcraft) com MTOM inferior ou igual a 1 200 kg, certificado para um máximo de 4 ocupantes;
3. outros aviões ELA2 <sup>12</sup>.

As organizações Parte CAMO e Parte CAO deverão substituir gradualmente as organizações da subparte G e da parte M previstas nos termos do artigo 4.º do Regulamento (UE) 1321/2014, tal como alterado, após 24 de setembro de 2021, não deverá haver mais subparte F e subparte G da Parte M.

### **3.2.4.3. Autoridade Nacional da Aviação Civil (ANAC)**

A Autoridade Nacional da Aviação Civil (ANAC), sediada perto do Aeroporto de Lisboa, é a autoridade nacional em matéria de aviação civil, pessoa coletiva de direito público, com a natureza de entidade administrativa independente, dotada de autonomia administrativa, financeira e de gestão, bem como de património próprio (ANAC, 2022).

Segundo a regulamentação que lhe está na origem, Decreto-Lei n.º 40/2015, de 16 de março, a ANAC exerce funções de regulação, fiscalização e supervisão do setor da aviação civil e rege-se de acordo com o disposto no direito internacional e europeu, na Lei-Quadro das entidades reguladoras, nos seus estatutos e na demais legislação setorial aplicável. Ou seja, a ANAC define, através de regulamentações específicas, de que forma as regulamentações europeias e mundiais são cumpridas no território nacional.

A sua missão é “promover o desenvolvimento seguro, eficiente e sustentado das atividades da aviação civil através de regulação, regulamentação, certificação, licenciamento e fiscalização” e sua visão é "projetar a ANAC como autoridade reguladora da aviação civil, prestigiada e reconhecida pelo seu desempenho e qualidade" (ANAC, 2022).

---

<sup>12</sup> Aeronaves “ELA2” são referentes às seguintes aeronaves ligeiras europeias tripuladas: um avião com uma massa máxima de descolagem (MTOM) igual ou inferior a 2000 kg que não seja classificado como "aeronave complexa a motor"; Um planador ou planador a motor de 2000 kg ou menos; um balão; Um dirigível térmico; Um dirigível a gás que cumpra todos os seguintes requisitos: 3% de peso estático máximo, tração não vetorizada (exceto tração inversa), design convencional e simples de: estrutura, sistema de controlo e sistema de ballonnet, controlos não assistidos por energia; uma aeronave de pás rotativas muito leve (EASA, 2022).

### **3.2.5. Programas de Manutenção de Aeronaves**

Hoje em dia, devido à legislação existente, é necessária a elaboração de um PMA, o qual deve ser elaborado em conformidade com a regulamentação aplicável e consequentemente aprovado pelas autoridades reguladoras competentes. Cada operador cria os seus próprios PMA com base em documentos do fabricante de aeronaves e tendo em conta as operações levadas a cabo pela operadora (Augustine *et al.*, 2007).

Um dos documentos mais importantes dentro de uma CAMO e para cada aeronave é o Programa de Manutenção de Aeronaves.

O programa de manutenção é o documento que contém os requisitos/tarefas de manutenção que devem ser realizadas numa aeronave, a fim de garantir a sua aeronavegabilidade continuada. Devido à sua complexidade e importância, este tema será aprofundado mais à frente nos casos de estudo das empresas, pelo que serão apresentados apenas os conceitos genéricos e os requisitos de um PMA.

No que toca ao desenvolvimento de PMAs, é necessário ter em consideração o tipo de aeronave, havendo diferenças na regulamentação entre aeronaves ligeiras e aeronaves complexas a motor. O artigo 3.º do Regulamento (UE) n.º 1321/2014 refere a necessidade de manter qualquer aeronave de acordo com o seu programa de manutenção. Para cada aeronave gerida, a CAMO deve desenvolver e controlar o PMA e:

1. No caso de aeronaves que cumpram a parte ML, aprovar o PMA e as suas alterações,
2. No caso de aeronaves que satisfaçam a parte M, apresentar o PMA e as suas alterações à autoridade competente para aprovação, salvo se a aprovação estiver abrangida por um procedimento de aprovação indireta (UE, 2019).

Os requisitos consoante o tipo de aeronave ou tipo de operações, em resumo, podem ser representados pela figura 3.8, onde é definido o papel das diferentes entidades para a elaboração e tipo de aprovação do PMA.

Select your type of operation and your category of aircraft		Other-than-complex motor-powered aircraft	
		Complex motor-powered aircraft	"Non-Light" / "Light"
Commercial operations	Air carriers licensed in accordance with Regulation (EC) No 1008/2008	Preparation by CAMO Approval by Competent Authority*	
	CAT other than air carriers licensed in accordance with Regulation (EC) No 1008/2008	Preparation by CAMO Approval by Competent Authority*	Preparation by CAMO Approval by CAMO
	Commercial specialised operations		
	Commercial training organisations (ATOs)		
Other than commercial operations		Preparation by CAMO Approval by CAMO**	

\* If CAMO has privilege to indirect approval in CAME, must be approved by CAMO.  
 \*\* If there is no CAMO the AMP must be declared by the owner.

Figura 3.8 – Elaboração e Aprovação PMA.

Fonte: (Streamlining Aviation Solutions, 2021)

O PMA deve conter pormenores de toda a manutenção a realizar, incluindo frequência e quaisquer tarefas específicas ligadas ao tipo e especificidade das operações. Segundo o ponto M.A.302 (h) do Anexo I (Parte M), o PMA deve ser periodicamente submetido para aprovação às autoridades competentes e é alvo de constantes atualizações. Já o ponto ML.A.302(c)(9) do Anexo Vb (Parte ML) requer que o PMA seja revisto anualmente pela CAMO.

### 3.2.6. Análise da eficácia de um PMA

A análise da eficácia dos programas de manutenção de aeronaves está também regulamentada.

Segundo a ICAO (2020) num manual de controlo de manutenção deve ter uma descrição estabelecendo e mantendo um sistema de análise e monitorização contínuo e desempenho e eficiência dos programas de manutenção, a fim de corrigir qualquer deficiência nesse programa.

Segundo a EASA (2021), de acordo como definido no ponto M.A.301 e) do Anexo I (Parte M), devem ser asseguradas para todas as aeronaves a análise da eficácia do PMA aprovado referido no ponto M.A.302.

Quanto à regulamentação da EASA, no que toca à Análise da Eficácia do PMA, é necessário fazer uma distinção entre aeronaves ligeiras e aeronaves complexas a motor pois têm diferentes normas aplicáveis.

Também o AMC M.A.301 refere que a CAMO que gere a aeronavegabilidade continuada da aeronave deve ter um sistema para analisar a eficácia do programa de manutenção, no que diz respeito a sobressalentes, defeitos e danos, e promover a alteração do programa de manutenção em conformidade com a legislação aeronáutica.

Segundo o ponto M.A.302 (g) do Anexo I (Parte M), para aeronaves complexas a motor, quando o PMA segue a metodologia denominada de Maintenance Steering Group (MSG-3<sup>13</sup>) ou On Condition Monitoring, em adição ao PMA, terá de existir um programa de Fiabilidade. O ponto 5 do AMC M.A.302(g) do Anexo I (Parte M) refere que um programa de Fiabilidade fornece um meio adequado de controlo da eficácia do programa de manutenção EASA (2021).

Já para as aeronaves ligeiras, o ponto 9 de M.L.A.302 do Anexo Vb (Parte ML) refere que o PMA deve ser revisto pelo menos anualmente para avaliar sua eficácia, sendo esta revisão realizada, alternativamente, em conjunto com a revisão da aeronavegabilidade pela pessoa que realiza tal processo e pela CAMO ou pela CAO que gere a aeronavegabilidade continuada da aeronave.

Podemos ver no Ponto 1.5. do Apêndice V para AMC1 M.A.704 do Anexo I (Parte M), os dados a serem utilizados na análise da eficácia do programa de manutenção mostrando assim que ferramentas são utilizadas para analisar a eficiência do programa de manutenção, tais como: relatórios de piloto (PIREPS), voos cancelados, consumo de sobressalentes, incidentes de ocorrência técnica e anomalias, análise de atrasos técnicos, análise de incidentes técnicos, etc.

É necessário também indicar por quem e como esses dados são analisados, qual é o processo de decisão para agir e que tipo de ação poderia ser tomada podendo isso incluir propostas de alteração do programa de manutenção ou alteração de procedimentos de manutenção ou operação, etc.

Resumindo, podemos fazer uma distinção entre as aeronaves ligeiras e as aeronaves complexas a motor no que toca à análise da eficiência de um PMA. As aeronaves complexas a motor são obrigadas a ter um Programa de Fiabilidade, já as aeronaves ligeiras não são obrigadas a ter um Programa de Fiabilidade, mas têm de ter um processo de controlo da eficiência de um PMA capaz de analisar a eficácia de um PMA.

---

<sup>13</sup> O MSG-3 é um método para desenvolver (na fase de projeto de uma aeronave) tarefas e intervalos de manutenção regulares, ou seja, para desenvolver programas de manutenção na indústria aeronáutica. A lógica MSG-3 consiste em material explicativo específico e numa lógica de decisão. As *guidelines* do MSG-3 fornecem lógica projetada para atribuir cada efeito de falha funcional a uma das cinco categorias: *Evident Safety, Evident Operational, Evident Economic, Hidden Safety, Hidden Non-Operational (or Hidden Economic)* (nota do autor).

### **3.2.7. Programas de fiabilidade**

Fiabilidade é a capacidade de um item desempenhar uma função necessária sob um conjunto de condições estabelecidas durante um período de tempo estabelecido (Smith & Mobley, 2008).

Um Programa de Fiabilidade de Aeronaves é um sistema de análise, reporte e monitorização que permite medir a eficiência do PMA como já foi dito acima, usando os dados e ocorrências da operação de uma aeronave.

Como já foi referido, a necessidade de implementar um Programa de Fiabilidade decorre não só da necessidade de cumprir os regulamentos impostos aos operadores aeronáuticos, mas também do desejo de alcançar uma manutenção ótima, o mais eficiente possível, ou seja, a manutenção que só está programada e não baseada em falhas.

Segundo Kinnison (2004) um programa de fiabilidade é um meio valioso para alcançar um melhor desempenho operacional em ambiente de manutenção de aeronaves, tendo sido concebido para diminuir as questões relacionadas com a manutenção e aumentar a segurança do voo.

Segundo Kinnison (2004), o termo fiabilidade pode ser usado de variadas formas. Podemos estudar a fiabilidade global da atividade de uma companhia aérea, a fiabilidade de um componente ou sistema, ou mesmo a fiabilidade de um processo, função ou pessoa.

No entanto, num Programa de Fiabilidade de aeronaves estamos a referir-nos à fiabilidade em referência ao programa de manutenção. Existem quatro tipos de fiabilidade que se podem estudar relacionados com a atividade de manutenção, sendo eles a fiabilidade estatística (que se baseia na reunião e análise de taxas de falhas, remoções e reparações de sistemas e componentes), fiabilidade histórica (usando dados atuais e do passado para analisar e retirar conclusões), fiabilidade orientada para eventos (tais como acidentes/incidentes e outros eventos únicos) e fiabilidade de despacho (usada para medir a eficácia de uma companhia aérea no que toca a partidas sem atrasos) (Kinnison, 2004).

Como já foi referido anteriormente os Programas de Fiabilidade no domínio da aeronáutica, são legislados e regulamentados. Segundo a ANAC, entende-se como Programa de Fiabilidade um conjunto de ações de monitorização da condição da aeronave e dos seus componentes (ANAC, 2010). Este permite medir a eficiência das tarefas de manutenção integradas no programa de manutenção através de alertas associados à degradação das condições dos sistemas, componentes e estrutura face aos níveis espectáveis.

A EASA promove a determinação da fiabilidade através do normativo *Acceptable Means of Compliance - Part M, Section A (M.A.) 302(f)*. Por sua vez, a ANAC, através da Circular Técnica Informativa (CTI) 10-03 Edição 1 de 02 de agosto 2010 estabelece que um programa de

fiabilidade aprovado, é o meio adequado para a monitorização da eficácia do programa de manutenção como requerido pela M.A.301.

Um Programa de Fiabilidade é essencial para a evolução e atualização do PMA, pelo que depois da análise da fiabilidade, o operador pode definir ações quanto ao PMA, ao adotar soluções ou prevenções de determinadas ocorrências na frota ou numa aeronave específica.

Mais à frente neste trabalho, no Caso TAP será explicado como se faz um Programa de Fiabilidade e qual o processo de recolha de dados e análise destes.

### **3.3 Caso Nortávia**

Nesta parte da dissertação serão mostrados os processos e ferramentas usadas pela Nortávia S.A. de modo a aprofundar os assuntos abordados anteriormente assim como exemplificar conceitos abordados de uma forma prática.

#### **3.3.1. Elaboração e aprovação do PMA – Caso Nortávia**

Tal como foi referido anteriormente, a Nortávia, sendo certificada EASA Part 145 e Part CAMO realiza a manutenção das suas aeronaves assim como gere a aeronavegabilidade. Como foi visto anteriormente, o artigo 3.º do Regulamento (UE) n.º 1321/2014 refere que para cada aeronave gerida, a CAMO deve desenvolver e controlar o PMA para a aeronave gerida e como a Nortávia opera aeronaves leves, ou seja, que devem cumprir a parte ML, deve também aprovar o PMA e as suas alterações.

O PMA referente à frota das aeronaves Cessna 152 é o documento interno com a referência NOR-PMA-08, que deve ser revisto e aprovado pelo DGCA/Engenharia regularmente de acordo com o regulamento Parte ML. Este documento define os procedimentos adotados pela Nortávia para a manutenção das aeronaves. Por este mesmo motivo, o documento foi elaborado com base nas recomendações do fabricante das aeronaves e fabricantes dos seus componentes (Nortávia, 2021b).

O PMA deve ser revisto no mínimo anualmente. O Departamento responsável pela revisão do PMA é a engenharia que deverá utilizar a seguinte documentação na revisão do PMA (Nortávia, 2021b):

- Manuais dos fabricantes como o AMM (*Aircraft Maintenance Manual*), o CAP (*Continuous Airworthiness Program*) e o *Operator Manual*, entre outros;
- Lista de componentes de vida limite das aeronaves respeitantes à frota;
- Lista de AD's;

- Instruções das ICA<sup>14</sup> (*Instructions for Continued Airworthiness*) pertencentes aos STC <sup>15</sup> (*Supplementar Type Certificates*);
- Instruções referentes a reparações realizadas;
- Requisitos adicionais emitidos pelas Autoridades Aeronáuticas;
- Relatórios da Análise da Eficiência dos PMA.

As AD (*Airworthiness Directives*) são documentos com carácter obrigatório nos termos da legislação, emitidos pelas Autoridades Aeronáuticas para informar os operadores de eventos que levaram ou podem levar a condições de insegurança para uma aeronave ou modelo de aeronave em particular. Para além da informação, estabelecem um conjunto de ações corretivas de manutenção ou operação que, quando aplicáveis, devem ser executadas pelo operador num prazo estrito e definido na própria AD.

Os SB (*Service Bulletins*) são emitidos pelo fabricante da aeronave ou pelos fabricantes de equipamentos (VSB, *Vendor Service Bulletin*) e informam o operador de modificações passíveis de serem executadas na aeronave ou equipamentos. Estes documentos são classificados pelos respetivos emitentes em termos práticos de cinco formas: opcional, informativo, desejável, recomendado e obrigatório (embora opcional na prática).

Para além deste tipo de documentos relativos à aeronavegabilidade, a ANAC emite CIA (*Circular Informação Aeronáutica*) e CTA (*Circular Técnica de Informação*) em Portugal, cujo objetivo é dar cumprimento aos regulamentos e normas europeias.

O PMA da frota Cessna 152 inclui as tarefas de inspeções periódicas, inspeções especiais e inspeções suplementares, assim como a descrição dos seus intervalos de inspeção.

O PMA contém também os procedimentos para o escalonamento dos intervalos de inspeção, a descrição das tarefas de teste, reabastecimento de combustível, verificações, limpeza e lubrificação, descrição das inspeções estruturais e respetivo programa de amostragem, descrição do programa de controlo da corrosão, descrição da substituição de componentes com limite de vida útil, descrição das modificações e descrição das referências de diretivas emitidas pelas Autoridades Aeronáuticas ou documentos emitidos pelos fabricantes.

As inspeções periódicas à aeronave são apresentadas num protocolo de manutenção na forma de uma *check list* que inclui todos os itens a ser inspecionados/verificados/trocados. Estas tarefas inspeções periódicas são feitas uma vez a cada 100 horas de voo ou anualmente. Sempre que nos intervalos das inspeções/reparações aparecem dois intervalos diferentes, perfaz

---

<sup>14</sup> ICA são suplementos para um manual de manutenção específico de uma aeronave na medida em que são instruções de manutenção de um componente instalado numa aeronave (nota do autor).

<sup>15</sup> STC é um certificado tipo emitido para ser aprovado pela Autoridade Competente, com o objetivo de aprovar uma modificação de um produto aeronáutico em relação ao seu design original (nota do autor).

o intervalo que ocorrer primeiro. (Exemplo: inspeção a realizar no máximo nas próximas 100 horas de voo ou no máximo nos próximos 365 dias. A inspeção terá de ocorrer no acontecimento que chegar primeiro, sejam as 100 horas de voo ou os 365 dias).

As inspeções periódicas ao motor podem ser divididas entre as que são para realizar uma vez a cada 50 horas de voo ou nas primeiras 25 horas de voo, e as que são para serem realizadas uma vez a cada 100 horas de voo.

As inspeções especiais são inspeções definidas pelo fabricante cuja periodicidade difere das inspeções periódicas (50H, 100H/anual). Por exemplo, a inspeção especial n. °12 do PMA-08 da Nortávia define que a lubrificação do compensador do leme de profundidade deve ser feita a cada 1000 horas de voo ou a cada 3 anos.

Para realização destas tarefas, o DGCA/Engenharia emite OTs (Ordens de Trabalho) contendo as tarefas a serem realizadas na aeronave. Posteriormente, as ordens de trabalho são encerradas e arquivadas com o respetivo Certificado de Aptidão para o Serviço<sup>16</sup> (*Certificate of Release to Service*), Ficha de Anomalias e Trabalho Corretivo e outros documentos anexados.

### **3.3.2. Análise da Eficiência do PMA – Caso Nortávia**

Como foi descrito anteriormente, a Nortávia, sendo uma operadora de aeronaves ligeiras, está regulamentada para tal, que pelo menos anualmente tem de fazer a análise da eficiência dos PMA.

A eficiência do programa de manutenção às aeronaves em que seja aplicado, é efetuado pelo DGCA/Engenharia, com base no procedimento interno com a referência NTE-M39. Compete ao DGCA/Engenharia assegurar que os procedimentos de análise são desenvolvidos e que as revisões são consequentemente introduzidas (Nortávia, 2021a).

Para a análise da eficiência dos seus PMA, a Nortávia usa dados como os reportes de ocorrências dos pilotos, voos cancelados, consumo de sobresselentes, incidência de ocorrências técnicas e anomalias, atrasos técnicos, incidentes técnicos, auditorias a aeronaves, documentação dos fabricantes e documentação emitida pelas Autoridades Aeronáuticas.

Estes pontos são analisados com base nos seguintes documentos: Relatório Técnico de Bordo, registo de anomalias e trabalho corretivo (mostrado no Anexo 1), processo técnico, relatório de ocorrências, relatório de auditoria e análises de eficiência dos PMA anteriormente realizadas (Nortávia, 2021a).

---

<sup>16</sup> O Certificado de aptidão para o serviço é um documento emitido por pessoal certificador (certifying staff) autorizado para tal, que atesta que a aeronave é aeronavegável. O Certificado de aptidão para o serviço é emitido antes do voo, depois de completado qualquer tipo de manutenção (nota do autor).

A análise desta informação permite verificar se o conteúdo do PMA em vigor é adequado à frota de aeronaves e à sua operação e, conseqüentemente, identificar alterações ao PMA ou os procedimentos de operação.

Após a análise aos pontos referidos, o DGCA/Engenharia efetua uma revisão ao PMA e aos procedimentos de manutenção que possam estar na causa da ineficiência da manutenção ou reportará ao Departamento de Operações caso a ineficiência da manutenção esteja relacionada com a operação das aeronaves. Neste último caso são emitidos pareceres para as Operações.

Com evidência da realização da análise de eficiência é elaborado um relatório NORFORM-8.1.70 (como é mostrado no Anexo 2), com uma descrição dos itens analisados, com evidências, sempre que relevante e com a respetiva conclusão retirada da própria análise de eficiência.

Este relatório de análise da eficiência do PMA terá descritas as decisões a tomar e as alterações a ser feitas no PMA.

É da responsabilidade do DGCA/Engenharia a alteração do respetivo PMA com as alterações provenientes da análise da eficácia e submetê-la à Autoridade Aeronáutica para a aprovação (Nortávia, 2021a).

Resumindo, com os dados recolhidos, como por exemplo as anomalias encontradas pelos TMA (Técnicos de Manutenção Aeronáutica) no documento “registro de anomalias e trabalho corretivo” encontrado nas OT arquivadas, é feita uma análise da repetição de componentes com anomalias (como por exemplo, foi notório que em 1 ano de operação foram encontradas duas anomalias nos calços do travão da roda direita).

O relatório de análise da eficiência do PMA é preenchido, no qual são descritas a decisões a tomar e as alterações a ser feitas no PMA como por exemplo a mudança do intervalo de inspeção de 100H para 50H.

## **3.4 Caso TAP**

Nesta parte da dissertação serão mostrados os processos e ferramentas usadas pela TAP de modo a aprofundar os assuntos abordados anteriormente assim como exemplificar conceitos de uma forma prática.

### **3.4.1. Elaboração e aprovação do PMA – Caso TAP**

O PMA das aeronaves dos modelos da família Airbus A320 da frota da TAP foi desenvolvido de forma a dar cumprimento aos requisitos do Regulamento (UE) 1321/2014 da Comissão, Anexo I, Parte M, parágrafo M.A.302 e baseia-se em:

- Requisitos da Autoridade Aeronáutica do Estado de Projeto (*State of Design*);

- Requisitos da Autoridade Aeronáutica do Estado de Registo (*State of Registry*);
- Especificações e recomendações dos fabricantes, dos detentores de Certificados de Tipo (*Type Certificate Holder*) e de Certificados de Tipo Suplementar (*Supplemental Type Certificate Holder*) aplicáveis à aeronave, aos motores e aos componentes;
- Práticas de outros operadores do mesmo tipo de equipamentos;
- Experiência da TAP Air Portugal enquanto operador com equipamentos similares.

Compete à área de frota da TAP Manutenção e Engenharia a elaboração e atualização do PMA. O PMA cobre totalmente as seguintes áreas (TAP, 2021):

- Trabalhos de manutenção preventiva com carácter periódico a executar no avião:
  - Manutenção de Linha (conjunto de trabalhos de inspeção com carácter expedito, típicos de uma inspeção de trânsito, normalmente incluídos no que normalmente se denomina inspeção de 360º (*walk around check*), sem necessidade de abertura de qualquer acesso, salvo casos especiais de *servicing* e sem recurso a plataformas ou escadotes).
  - Manutenção Intermédia (conjunto de trabalhos incidindo em verificações visuais relativas à condição e segurança do avião, incluindo estrutura e sistemas, executados por áreas em que para este tipo de trabalhos poderá ser requerida a abertura de acessos de serviço ou de quaisquer outros painéis, bem como o uso de escadotes ou plataformas).
  - Manutenção de Estruturas (o Programa de Manutenção de Estruturas engloba um conjunto de trabalhos que têm por objetivo manter de modo continuado a aeronavegabilidade das partes estruturais do avião e confinar a corrosão a nível-1 <sup>17</sup> ou inferior; o programa reflete os resultados dos testes totais de fadiga, de *tear-down* e a experiência acumulada pelos vários operadores).
- Trabalhos de manutenção programada sobre componentes e sistemas no avião e em oficina.
- Trabalhos de manutenção programada sobre reatores no avião e em oficina (são feitas inspeções programadas aos reatores, e como estes são *conditioning*

---

<sup>17</sup> Corrosão de nível 1 é o dano local que ocorre entre inspeções sucessivas e pode ser reparado dentro de limites permitidos, tal como definido pelo fabricante num manual de reparação estrutural, boletim de serviço, etc. (nota do autor).

*monitoring* podem vir a ser retirados da asa para realizar tarefas na oficina devido à análise do seu comportamento com a recolha de certos parâmetros do reator).

- Plano de lubrificação, *Servicing* e mudança de filtros.

O documento PMA tem incluídos capítulos referentes à Manutenção de Linha e Intermédia, Manutenção de Sistemas, Manutenção do APU, Manutenção de Reatores e Manutenção Estrutural. Também inclui capítulos referentes ao controlo do PMA e sua evolução.

O PMA contém em anexo o MPM que contém de uma forma exaustiva todas as intervenções programadas sobre o avião, motores e componentes. A designação específica do Anexo é de “Manual de Procedimentos de Manutenção” (MPM).

O objetivo do manual MPM é o de conter o *Scheduled Maintenance* do avião que inclui os trabalhos de inspeção programada, periodicidades atribuídas, conceitos de manutenção para as unidades rotáveis e Ordens de Engenharia (OEs/EOs “*Engineering Orders*” - documentos emitidos pelas subáreas de Engenharia e Qualidade da TAP M&E, onde definem tarefas a serem efetuadas, sendo estas baseadas em SBs, ADs ou na experiência TAP).

Da informação contida no manual são geradas as cartas de trabalho (*Job Cards*) com o trabalho de manutenção a realizar na aeronave. Podemos ver na figura 3.9 um exemplo de uma página deste Anexo.

TAP TAPPORUGAL	MAINTENANCE PROCEDURES MANUAL TAP PROGRAM		AIRBUS A321-200 NEO		
MPM CODE TASK	TITLE / TASK / PROCEDURE / PART NUMBER / ACCESS	M. CONCPT/ INTV/SAMP	SI /ZIN	REFERENCES	EFFECTIVITY
3413 0000018	AIR DATA SYSTEM				CS-TJR CS-TXA CS-TXB CS-TXC CS-TXD CS-TXE CS-TXF CS-TXG
R 3413 0000019	AIR DATA SYSTEM SVC - DRAIN, SERVICE, REPLESNISH FLUSHING OF TOTAL PRESSURE LINES	I 6000FH	120	MPD341300-07-1 341000-170-001 MRB 6	CS-TJI CS-TJJ CS-TJK CS-TJL CS-TJM CS-TJN CS-TJO CS-TJP CS-TJQ CS-TJR CS-TXA CS-TXB CS-TXC CS-TXD CS-TXE CS-TXF CS-TXG
R 3413 0000020	AIR DATA SYSTEM CLN - CLEAN CLEANING OF THE PITOT PROBE 1 (9DA1) DRAIN HOLES.	I 2250FH	120	MPD341300-11-1 341000-170-004 MRB 6	CS-TJI CS-TJJ CS-TJK CS-TJL CS-TJM CS-TJN CS-TJO CS-TJP CS-TJQ CS-TJR CS-TXA CS-TXB CS-TXC CS-TXD CS-TXE CS-TXF CS-TXG
R 3413 0000022	AIR DATA SYSTEM CLN - CLEAN CLEANING OF THE PITOT PROBE 2 (9DA2) DRAIN HOLES.	I 2250FH	120	MPD341300-11-1 341000-170-004 MRB 6	CS-TJI CS-TJJ CS-TJK CS-TJL
DOC NR: ME - 178		ATA CHAPTER: 34-13 AIR DATA		REVISION 2021-03-16 PAG 293	

Figura 3.9 – Página de Manual de Procedimentos de Manutenção.

Fonte: (TAP, 2021)

Para a organização e rastreamento das tarefas de manutenção existe um código de 12 dígitos chamado “MPM CODE TASK”. Os primeiros 6 dígitos são referentes ao assunto/unidade do capítulo ATA 100 <sup>18</sup> e são os mesmos do Manual de Manutenção referente ao mesmo assunto/unidade. Os restantes dígitos indicam a possibilidade de existirem diferentes variantes referentes a um determinado MM, por exemplo: duas unidades que apesar de apresentarem o mesmo MM, possam apresentar diferenças entre si em termos de constituição, função; bem como unidades ou sistemas que não venham mencionados no MM.

Quanto às Ações de Manutenção (*Maintenance Actions*), as operações de manutenção serão individualizadas por um *task number* (TN). Para a designação das operações de manutenção mencionadas são utilizadas as seguintes abreviaturas apresentadas na tabela 3.2.

<sup>18</sup> ATA 100 é a denominação coloquial ainda usada em aviação para a metodologia de codificação dos sistemas e subsistemas que compõem as aeronaves que se encontra atualmente definido na norma ispec2200 (nota do autor).

TN	PMA	TN	MPD
ADS	Adjust/Test		
BAT	Replace Battery		
BCK	Bench Check		
BIT	Bite Test		
BOR	Boroscope Inspection	BSI	Boroscope Inspection
CHG	Change/Replace		
CHP	Chip Detector Check		
CK	Check	CHK	Check, Leak Check /Test
LKC	Leak Check		
CLN	Clean		
D	Day Check		
DCD	Discard	DS	Discard
DET	Detailed Inspection	DET	Detailed Inspection
DVI	Detailed Visual	DI	Detailed Inspection
DI	Detailed Inspection		
TVC	Thorough Visual Check		
FC	Functional Check/Test	FC	Functional Check/Test
FLW	Flow Test		
GVC	General Visual Check	GVI	General Visual Inspection
GVI	General Visual Inspection		
INS	Inspection		
LL	Life Limit		
LUB	Lubrication	LU	Lubrication
LVL	Level Check /Adjust if Necessary		
NDT	Non Destructive Test	SDI	Special Detailed Inspection
SDI	Special Detailed		
OPC	Operational Check/Test	OP	Operational Check/Test
OVH	Overhaul	RS	Restoration
PRE	Pressure Check/Adjust if		
RED	Read		
REP	Repair		
RES	Resistance Test		
RFL	Drain/Refill		
R2	Partial Revision I		
R2	Partial Revision II		
R3	Partial Revision III		
SCR	Scrap		
SMP	Sample Analysis		
STR	Sterilize		
DRN	Drain	SV	Drain, Servicing
SVC	Service		
TES	Test		
TOR	Torque Check		
		TPS	
VC	Visual Check		Visual Check
VI	Visual Inspection		
WAC	Walk Around Check		

Tabela 3.2 - Ações de Manutenção.

Fonte: (TAP, 2021)

Quanto aos Intervalos de Inspeção, são definidos intervalos máximos para a inspeção ou reparação de Sistemas/Unidades ou de partes estruturais que podem ser controlados de acordo com os seguintes parâmetros: Horas de voo (FH), Tempo calendário (*Years, Months, Days*), Ciclos (CY), Aterragens (LD), Horas de componente (HR), *Threshold Time* (TT).

Os intervalos máximos para a inspeção ou reparação de Sistemas/Unidades, ou de partes estruturais podem ainda ser controlados, de acordo com o tipo de inspeção as quais se encontram classificadas na figura 3.10.

<b>T</b>	Antes de cada voo <i>Before each flight</i>
<b>T1</b>	36 horas <i>36 hours</i>
<b>T2</b>	8 dias <i>8 days</i>
<b>A</b>	750 horas de voo ou 750 ciclos ou 4 meses <i>750 flight hours or 750 cycles or 4 months</i>
<b>C</b>	36 meses ou 12000 horas de voo ou 8000 ciclos <i>36 months or 12000 flight hours or 8000 cycles</i>
<b>ER</b>	Aquando da remoção dos reatores <i>Engine Removal</i>

Figura 3.10 – Intervalos máximos para a inspeção e reparação.

Fonte: (TAP, 2021)

As inspeções tipos “T” estão relacionados com a Manutenção de Linha. A inspeção de trânsito “T”, frequentemente designada como *Pre-flight*, é efetuada pela tripulação técnica ou pela manutenção, antes de cada voo.

A inspeção de trânsito “T1” é efetuada em intervalos de 36 horas (tempo de calendário decorrido), exceto em casos de paragem por períodos superiores a 36 horas, em que a inspeção “T1” deverá ser efetuada antes do próximo voo.

A realização de uma inspeção “T2” rende a execução da inspeção “T1”. A inspeção de trânsito “T2” é efetuada em intervalos de 8 dias. A inspeção “T2” faz iniciar a contagem de tempo de execução da inspeção “T1”.

As inspeções tipos “A” e “C” estão relacionadas com a Manutenção Intermédia.

As inspeções do tipo “A” são designadas por A1; A2; A3 e A4. Após a A4 reinicia-se um novo ciclo de quatro inspeções do tipo “AX.Y” (em que X= n.º da inspeção e Y= n.º de vezes que a inspeção X foi executada em avião) e assim sucessivamente.

As inspeções do tipo “C” são designadas por C1; C2; C3... até C12. Após a C12 reinicia-se um novo ciclo de doze inspeções do tipo “CX.Y” (em que X= n.º da inspeção e Y= n.º de vezes que a inspeção X foi executada em avião) e assim sucessivamente (TAP, 2021).

Seguidamente e de forma gráfica a figura 3.11 mostra um esquema do processo de elaboração do PMA de uma aeronave Airbus tendo por base documentos emitidos pelo fabricante.

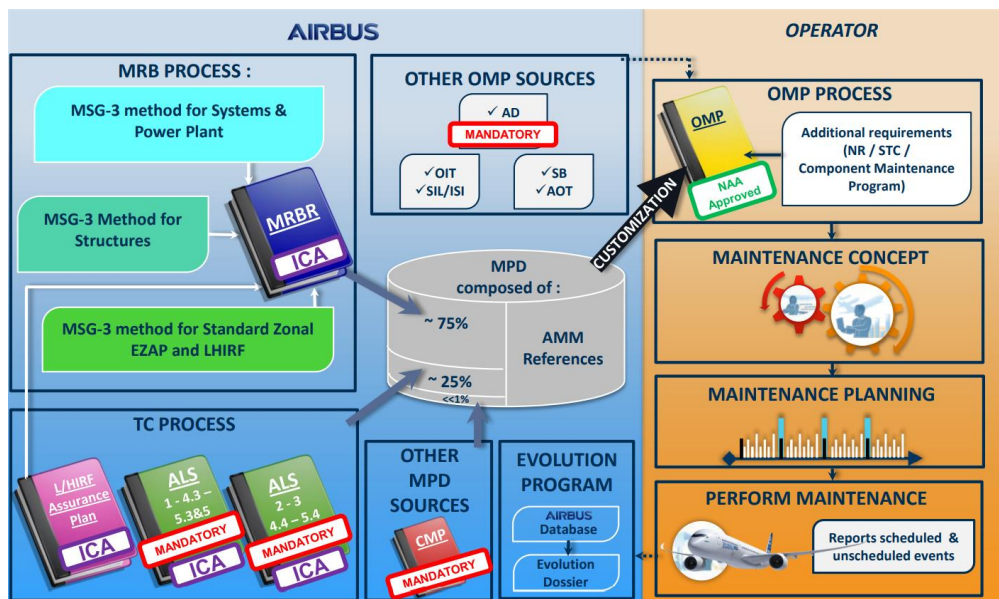


Figura 3.11 – Esquema do Processo de Elaboração de um PMA.

Fonte: (Airbus, 2019)

Como podemos ver pela figura 3.11, o MPD (*Maintenance Planning Document*) é o documento base principal para o desenvolvimento de um PMA. O PMA elaborado pelo operador tem como base o documento MPD.

Como podemos verificar, cerca de 75 % do MPD é composto pelo MRBR (*Maintenance Review Board Report*), que é produzido pelo processo MRB (*Maintenance Review Board*). O processo MRB requer trabalho colaborativo entre as Autoridades, Fabricante, Operadores e Principais Fornecedores, de forma a combinar os seus conhecimentos e experiência.

Podemos introduzir 3 conceitos relevantes para este processo (Airbus, 2019): MWGs (*Maintenance Working Groups*), ISC (*Industry Steering Committee*) e MRB (*Maintenance Review Board*). Os MWGs são constituídos por membros especialistas dos Operadores ou da sua MRO designada, fabricante de aeronaves e principais fornecedores com assessores das Autoridades de Aeronavegabilidade. As suas tarefas são rever, alterar e aceitar análises MSG-3 propostas pelo fabricante de aeronaves.

O ISC (Industry Steering Committee) é composto por membros dos operadores ou da sua MRO designada, o fabricante de aeronaves e os principais fornecedores. As suas tarefas são estabelecer e aprovar as Políticas e Procedimentos (PPH), orientar as atividades dos MWGs, aceitar as análises MSG-3 desenvolvidas pelos MWGs e estabelecer a proposta MRBR.

Os MRB são membros das Autoridades de Aeronavegabilidade e as suas tarefas são participar em reuniões do ISC e são responsáveis pela aprovação da proposta MRBR que enumera os Requisitos Mínimos Iniciais de Manutenção Programada (*Initial Minimum Scheduled Maintenance Requirements*).

Os documentos ALS (Airworthiness Limitation Section), que contemplam cerca de 25% do MPD, estão exemplificados na figura 3.11. Embora os documentos ALI (Airworthiness Limitation Items), CMR (Certification Maintenance Requirements), SEMR (System Equipment Maintenance Requirements) e FAL (*Fuel Airworthiness Limitations*) descritos na figura 3.12 sejam independentes, para os aviões Airbus, são combinados nas chamadas ALS (“Limitações de Aeronavegabilidade”).

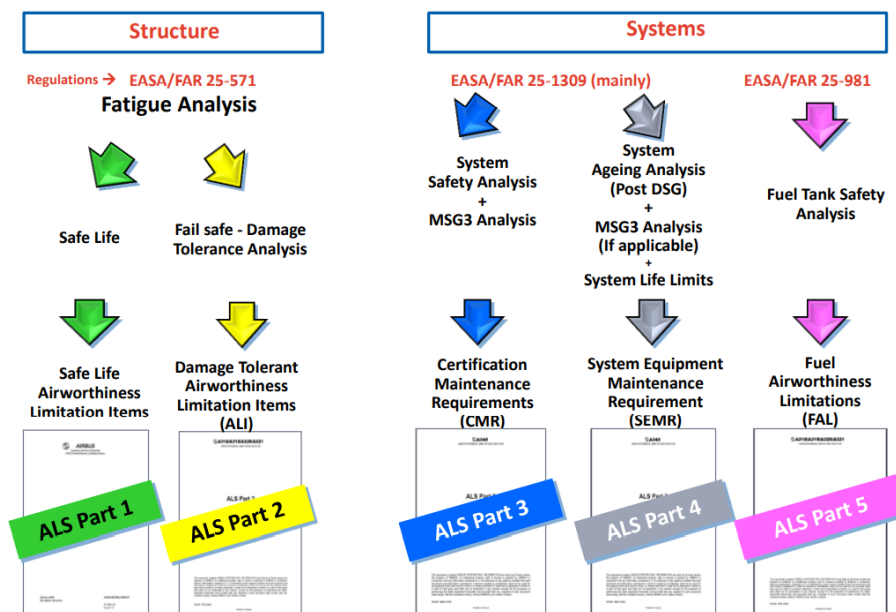


Figura 3.12 – Estrutura ALS.

Fonte: (Airbus, 2019)

Quanto às “*Other MPD Sources*” (cerca de 1% do MPD), existem documentos em que a origem das tarefas de MPD que vêm de fontes que não o MRBR e ALS, tais como o documento ETOPS CMP que define as normas (configuração, requisitos de manutenção, procedimentos de

tripulação, limitações de expedição) específicas do ETOPS (*Extended-range Twin-engine Operations Performance Standard*)<sup>19</sup>.

Para o Operador elaborar o seu PMA (referido como *Operator Maintenance Programme* – OMP na figura 3.11) tem de se basear no MPD e noutras fontes como as ADs, SBs, SILs, entre outros documentos, assim como os Relatórios do seu Programa de Fiabilidade de modo a criar um conceito próprio de manutenção e de modo a otimizar o seu PMA, assim como o seu planeamento da manutenção.

De uma forma resumida, a TAP elabora e atualiza o PMA de um certo modelo de aeronave (com base nos documentos emitidos pelo fabricante, requisitos das Autoridades Aeronáuticas e experiência). O PMA tem um anexo chamado MPM (Manual de Procedimentos de Manutenção), referente à figura 3.9, que contém todas as intervenções programadas de manutenção. Estas intervenções têm de ser realizadas em intervalos de tempo definidos, pelo que sempre que é necessário realizar uma destas intervenções, são geradas cartas de trabalho (*Job Cards*) com a descrição do trabalho de manutenção a ser realizado.

### **3.4.2. Análise da eficiência do PMA – Caso TAP**

Como foi visto anteriormente, segundo o ponto M.A.302 (g), para aeronaves complexas a motor, quando o PMA se baseia na lógica *Maintenance Steering Group* ou *On Condition Monitoring*, o PMA incluirá um programa de Fiabilidade. A Fiabilidade da frota Airbus da TAP em estudo, bem como a eficiência do programa de manutenção são controlados de acordo com o preceituado no Manual de Fiabilidade da TAP (ME-025) (TAP, 2021).

O Manual de Fiabilidade tem como objetivo reunir num único documento toda a informação referente aos conceitos básicos, definições, procedimentos e técnicas utilizadas pela TAP para o estabelecimento e posterior evolução dos programas de manutenção do material de voo, o controlo posterior da eficiência desses programas e o controlo da fiabilidade do material de voo.

Este manual é aprovado pela ANAC, pelo que a área de Engenharia, a Divisão de Frota e Projetos - Fiabilidade (ME/EG/FP-FIA) é responsável pela execução diária, de todas as ações necessárias ao cumprimento do exposto neste manual, bem como pela sua atualização permanente.

O Programa de Controlo de Fiabilidade da TAP (PCF) é um programa que visa a avaliação e controlo permanente da fiabilidade do avião e respetivos sistemas, subsistemas e

---

<sup>19</sup> ETOPS é uma sigla para certificações oficiais de autoridades aeronáuticas de vários países, que permitem às aeronaves comerciais e aeronaves executivas voarem em rotas com trajetos que estejam tão distantes de um aeroporto alternativo quanto a distância de voo percorrida em até 60 minutos, ou, em outros casos, até mais (nota do autor).

componentes/equipamentos. O PCF foi projetado de modo a operar de uma maneira contínua e nele podemos considerar a existência de cinco atividades básicas (TAP Manutenção e Engenharia, 2014) :

- A. Recolha e processamento de dados sobre o comportamento técnico da frota;
- B. Análise dos dados;
- C. Tomada de ações corretivas;
- D. Controlo da eficácia das medidas tomadas;
- E. Emissão de informação sobre fiabilidade.

O sistema de recolha de dados baseia-se numa compilação diária de informação diversa sobre o comportamento técnico do material de voo. Essa informação inclui, entre outros os seguintes aspetos:

- Informação sobre avarias, paragens não programadas de reatores e outras deficiências técnicas ou discrepâncias reportadas pelas tripulações.
- Informação sobre remoções de reatores e outros equipamentos/componentes, programadas e não programadas, incluindo informação sobre as avarias ou discrepâncias encontradas.
- Informação sobre acidentes/incidentes ocorridos durante o voo.
- Informação sobre outras ocorrências técnicas significativas ocorridas em voo.
- Relatórios de atrasos e cancelamentos técnicos.
- Relatórios de inspeções estruturais.

A ordenação, classificação e processamento destes dados é da responsabilidade da Área de Engenharia da ME (Área de Fiabilidade e Programas de Manutenção). O processamento de dados é feito com o objetivo de se obterem, no final de cada mês, índices de fiabilidade do material de voo.

Em certos casos (por exemplo no caso de remoções prematuras de componentes/equipamentos e das queixas de voo relativas a sistemas), a cada índice está associado um par de valores de controlo, denominados IA (Índice de Alerta) e LIC (Limite Inferior de Controlo). Esses índices são definidos de modo a indicarem, quando ultrapassados

ou não atingidos, respetivamente, num caso uma baixa fiabilidade implicando a necessidade de tomada de ações corretivas.

Os dados recolhidos e processados na Área de Fiabilidade e Programas de Manutenção são compilados em relatórios que fornecem um panorama da fiabilidade em cada mês. Nesses relatórios faz-se uso de gráficos para mais rápida leitura, gráficos esses que são acompanhados de pequenos resumos e quadros numéricos.

Esses relatórios têm ampla difusão no âmbito interno TAP (nomeadamente na ME), para o ANAC e são também enviados para a indústria (operadores e fabricantes).

Áreas de fiabilidade degradada são detetadas e reportadas em relatórios especiais com o objetivo de darem origem a estudos específicos e detalhados que conduzam, através de uma conveniente tomada de ações, à restauração dos níveis de fiabilidade originais, inerentes ao material.

Segue-se um último aspeto do controlo de fiabilidade o qual consiste numa concentração de esforços dos vários setores da Manutenção e Engenharia no sentido da discussão dos estudos iniciados pela Engenharia para tomada de decisões sobre as medidas corretivas a tomar. Após essa tomada de decisão compete novamente à Área de Fiabilidade e Programas de Manutenção efetuar o *follow-up* das ações tomadas, com o objetivo de avaliar a sua eficácia.

Os dados sobre o comportamento técnico da frota são compilados a partir dos documentos Report/Recolha de dados estatísticos, *Maintenance Daily Report*, Caderneta Técnica (Aircraft Technical Logbook), Mapa de montagem e desmontagem de reatores e Relatório de componentes removidos. Os elementos recolhidos a partir destes documentos são processados, na Área de Fiabilidade, e sujeitos a tratamento estatístico.

Tem-se assim que o processamento visa fundamentalmente a classificação criteriosa dos incidentes/ocorrências, atrasos, queixas de voo e remoções prematuras registadas e o cálculo, efetuado com uma periodicidade geralmente mensal, de um grupo de índices os quais, depois de interpretados e após feita a análise da sua evolução no tempo, permitem a obtenção de uma panorâmica da fiabilidade da frota e a deteção de áreas de degradação da mesma.

Com o objetivo de eliminar os efeitos decorrentes das flutuações mensais de utilização da frota que impossibilitariam a comparação imediata de índices referentes a períodos de calendário diferentes, a base de cálculo desses índices é geralmente por 1000H de operação ou por 100 ciclos de operação.

Os principais índices utilizados na determinação da fiabilidade da frota são (TAP Manutenção e Engenharia, 2014):

- A. Índices de remoções prematuras calculados por 1000h de operação.
- B. Índices de avarias, calculados nas mesmas bases que as descritas em A.
- C. Índices de queixas de voo, calculados por 1000h de operação em relação a cada sistema do avião e, em certos casos particulares, a subsistemas.
- D. Índices de atrasos técnicos, por 100 descolagens calculados em relação aos vários sistemas do avião e, ocasionalmente quando julgado necessário, em relação a subsistemas.
- E. Número de acidentes/incidentes/ocorrências técnicas significativas ocorridos durante as várias fases de voo.
- F. Índices de paragem não planeada de reatores em voo por 1000H de operação do reator.

Concluídas as fases de recolha e processamento de dados, e detetadas as áreas em que se verifica degradação da fiabilidade é ao serviço de Engenharia que compete desencadear um processo de análise que conduza à introdução das medidas corretivas necessárias à reposição dos níveis de fiabilidade estabelecidos.

Após a implementação das ações conducentes ao restabelecimento dos níveis de fiabilidade, é necessário o controlo da eficácia das medidas tomadas sendo apresentadas nas reuniões da Comissão de Fiabilidade subsequentes à tomada de decisões sobre as medidas a implementar, informações sobre os índices que traduzem a evolução da fiabilidade das unidades, sistemas e reatores sujeitos a controlo o qual apenas se considerará concluído após a reposição da fiabilidade em níveis previamente estabelecidos.

Quanto à apresentação dos dados, são emitidos 3 documentos com periodicidade mensal. Estes documentos são o *Fleet Reliability Report*, o *Component Reliability Report* (Informação mensal sobre sistemas e unidades com alerta excedido) e o *Monthly Reliability Data* (Fiabilidade de despacho) (TAP Manutenção e Engenharia, 2014).

Com estes três documentos pretende-se apresentar uma panorâmica do comportamento da frota, no que diz respeito à sua fiabilidade no respetivo mês de análise. O primeiro comporta informação de carácter geral e destina-se a ter uma ampla divulgação não só no interior da TAP como para o ANAC, outros operadores e indústria aeronáutica em geral. Quanto ao segundo documento, indica unicamente as áreas da aeronave em que tenham sido detetadas situações de exceção quanto à fiabilidade (tais como anomalias detetadas pela tripulação) e tem uma divulgação restrita, unicamente ao nível da TAP/ME e da ANAC.

Dada a índole própria de cada um dos documentos, o primeiro é publicado em língua inglesa e o segundo em língua portuguesa.

Com o terceiro documento pretende-se numa apresentação de fácil leitura, mostrar a evolução mensal da fiabilidade de despacho para cada tipo de avião operado pela TAP.

Este documento tem uma divulgação restrita, unicamente ao nível TAP-ME.

### **3.5 Síntese conclusiva**

Neste capítulo foi feita uma breve introdução à metodologia *Six Sigma* e suas ferramentas de forma a apresentar a respetiva aplicação no setor aeronáutico. Posteriormente foram abordados conceitos da manutenção aeronáutica e aeronavegabilidade, assim como a regulamentação pela qual as organizações se regem. Foram também abordados os processos usados por duas empresas no âmbito da análise da eficiência de um PMA.

Pudemos observar que a Nortávia analisa a eficiência dos PMA através do seu procedimento que consiste na análise da repetição das anomalias encontradas pelos TMA e registadas no formulário “Ficha de Anomalias e Trabalho Corretivo” (onde são descritas as anomalias dessa OT e o trabalho corretivo realizado) e reportes feitos pela tripulação de modo a usar estes dados para preencher o formulário “Relatório de Análise de Eficiência de Programas de Manutenção”.

Já a TAP, analisa a eficiência dos seus PMA pelos Programas de Fiabilidade, na medida em que são usados procedimentos complexos devido à complexidade da aeronave e à legislação aplicada.

Nos seguintes dois capítulos é descrito o trabalho que foi realizado no âmbito desta dissertação. No capítulo 4 será feito o estudo de viabilidade da aplicação da metodologia *Six Sigma* para analisar a eficiência do PMA da frota da aeronave Cessna 152 da empresa Nortávia. No capítulo 5 será feito o estudo de viabilidade da aplicação da metodologia *Six Sigma* para um análise à eficiência do PMA da frota da aeronave A320 da TAP, tendo esta análise o objetivo de ser um complemento ao Programa de Fiabilidade.

# 4 Estudo de viabilidade de adoção de 6 Sigma na Nortávia

## 4.1 Introdução

Este capítulo da dissertação corresponde à descrição do trabalho realizado, conforme definido no objetivo, o qual adotou a denominação de NOR6S (estabelecida pela Nortávia S.A.) na Nortávia S.A.

Pretende-se estudar a viabilidade de criar um método que substitua o atual, que permita identificar variabilidades nas intervenções de manutenção não programada, detetar riscos para a segurança operacional e identificar oportunidades para diminuir os custos de manutenção, tendo em conta que a análise da eficiência do PMA está regulamentada e legislada. Este projeto é constituído por 5 fases: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

## 4.2 Definir

De acordo com Stern (2016), o principal objetivo na fase “Definir” é clarificar e documentar o objetivo de melhoria do processo (Stern, 2016).

Na fase “Definir”, o uso de ferramentas resultam na clarificação do propósito e âmbito do projeto, uma compreensão básica do processo a melhorar, e na compreensão das expectativas de qualidade dos clientes envolvidos.

As ferramentas tipicamente utilizadas incluem mapa de processo, Carta do Projeto, Diagrama SIPOC e Voice of the Customer, entre outras. Nesta secção será detalhada a aplicação de cada uma destas ferramentas.

### 4.2.1 Carta de projeto

O *Project Charter* (Carta do Projeto) é um documento que define a missão da equipa, âmbito de operação, objetivos e prazos.

A Carta do Projeto serve como documentação que justifica a necessidade de melhoria do processo e garante que todas as partes envolvidas no projeto de melhoria do processo compreendem o projeto.

O Anexo 3 corresponde ao *Project Charter* do projeto NOR6S.

## 4.2.2 Mapa do processo

O mapa do processo é uma ferramenta que mostra graficamente os *inputs*, ações e *outputs* de um processo num mapa, passo a passo. O objetivo do mapeamento do processo é ajudar os membros envolvidos a compreender o processo.

Na figura 4.1 está representado o mapa do processo que foi elaborado para mostrar de forma ilustrativa e simples o processo de análise da eficiência dos PMA da Nortávia.

É relevante referir o significado dos símbolos deste mapa de processo. Podemos observar símbolos ovais (que representam o início ou fim do processo), símbolos retangulares (que representam uma ação), símbolos com formato de um losango (que representam uma decisão) e símbolo irregular como por exemplo o referente a “Ordens de Trabalho” (que representam documentos).

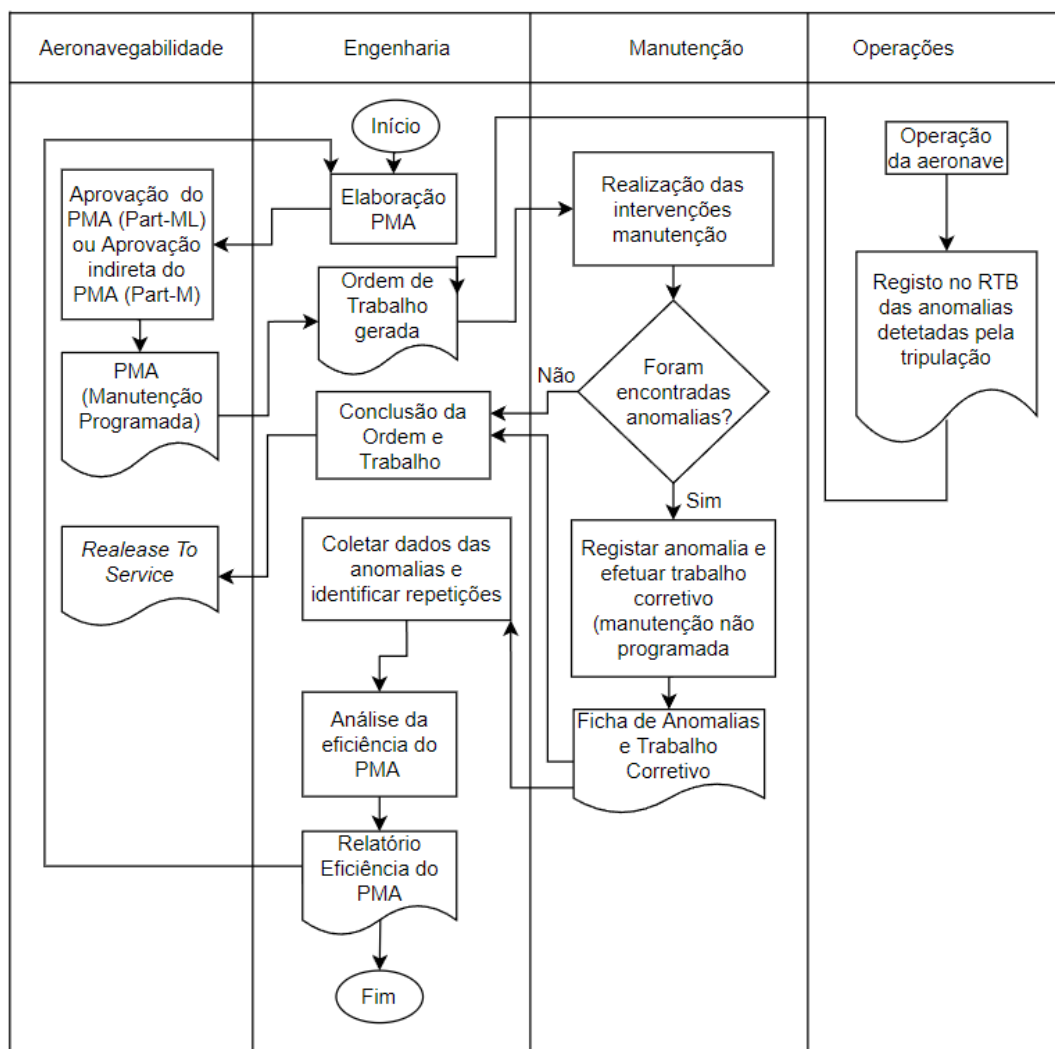


Figura 4.1 - Mapa do processo de análise de PMA.

Fonte: (Autor, 2022)

Esta ferramenta facilita a compreensão do processo, no entanto para ajudar a compreender ainda melhor, foi usada a ferramenta SIPOC, que pode ser usada também como uma ferramenta para mapear um processo.

### 4.2.3 SIPOC

Ao construir um diagrama SIPOC devemos nomear o processo e identificar os *inputs* e os seus fornecedores assim como os *outputs* e os consumidores destes.

Como podemos ver na tabela 4.1, os dados e informações necessárias para este processo têm origem no trabalho de manutenção realizado nas aeronaves, no fabricante e no próprio departamento que analisa e analisou a eficiência do PMA. Estes dados são usados e analisados pelo departamento de Engenharia e Aeronavegabilidade de modo a introduzir alterações ou medidas corretivas ao PMA, à aeronave ou à sua operação.

SUPPLIERS	INPUTS	PROCESS	OUTPUTS	CUSTOMER
<i>Who supplies inputs to the process?</i>	<i>What are the inputs of the process?</i>	<i>What is the process?</i>	<i>What are the outputs of the process?</i>	<i>Who is the customer to that process?</i>
Operações e Manutenção Part-145 (Técnicos de Manutenção de Aeronaves)	Dados (Identificação da Anomalia e Trabalho Corretivo)	Análise da Eficiência de um Programa de Manutenção de Aeronaves	Estatísticas, resultados e conclusões	Departamento de Engenharia e Aeronavegabilidade
Fabricante	Documentos emitidos pelo fabricante		Soluções e assistência nas medidas corretivas a tomar	
	Apoio ao cliente			
Departamento de Engenharia e Aeronavegabilidade	Relatórios de Análise da Eficiência de PMA passados		Análises e conclusões	

Tabela 4.1 - Diagrama SIPOC do processo de análise de PMA.

Fonte: (Autor, 2022)

### 4.2.4 Critical to Quality Tree

Segundo a metodologia *Six Sigma*, a qualidade é construída em torno do cliente. Este é o motor da qualidade, pelo que é extremamente importante definir quem é o cliente.

Um departamento interno pode ser considerado como um cliente. Mesmo um cliente externo (cliente final do produto/serviço que tipicamente gera receita e lucro para o negócio) poderia, de facto, desempenhar outro papel que não o de um verdadeiro cliente.

O cliente principal do processo terá ou deverá ter o maior impacto no processo pelo que este é da maior importância para o processo.

A *Critical to Quality Tree* (CTQ) é uma ferramenta *Six Sigma* utilizada para identificar as necessidades do cliente e traduzir essa informação em requisitos mensuráveis de produtos e processos. Permite que as organizações compreendam as características de um produto ou serviço que mais impulsiona a qualidade para os clientes.

Na figura 4.2 podemos observar a árvore CTQ elaborada.

A árvore CTQ representada tem como único objetivo a compreensão de quem são os clientes e os seus requisitos. Nesta podemos distinguir os clientes internos dos clientes externos e também podemos reparar que os seus requisitos são partilhados. Isto é de prever pois as necessidades dos clientes internos (própria empresa) são a satisfação e o cumprimento dos requisitos do cliente externo (cliente final que gera receita).

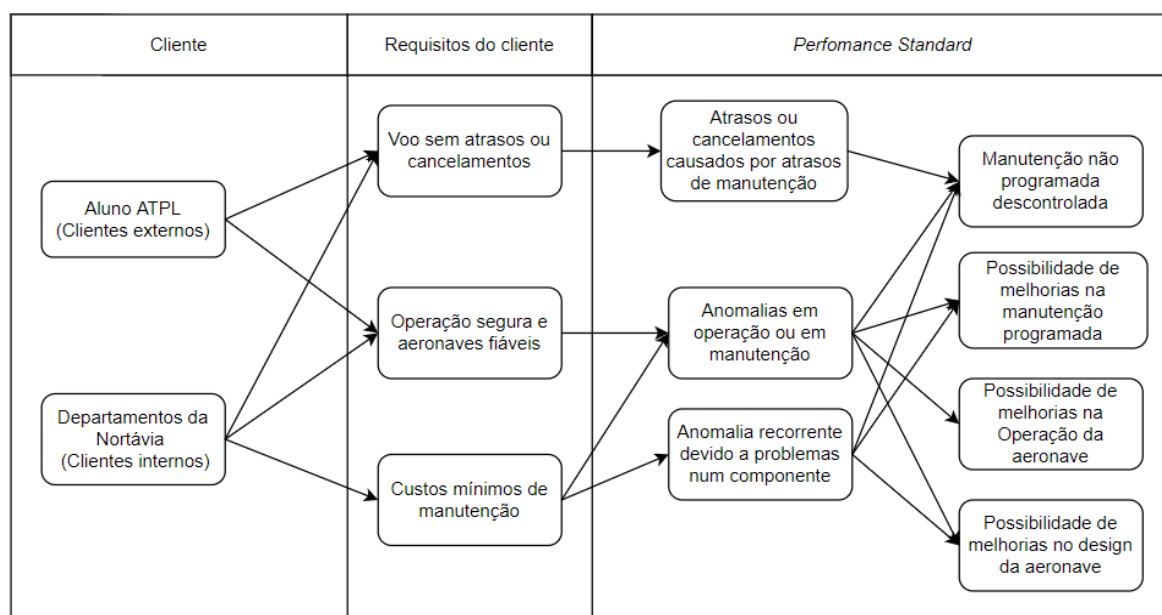


Figura 4.2 - Árvore CTQ do projeto relativo à análise de PMA.

Fonte: (Autor, 2022)

#### 4.2.5 Outras ferramentas

Na fase Definir é também importante definir o plano do projeto. Este pode ser observado na tabela 4.2.

Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar
Definir o problema	Coletar dados necessários	Analisar os dados e resultados obtidos	Definir um plano de melhoria	Criar um procedimento para controlar o processo
Definir o que se pode melhorar	Definir a estratégia da colheita de dados	Identificar as causas-primárias para os problemas e obter resultados	Identificar riscos associados aos planos de melhoria	Validar o procedimento
Desenvolver o plano de projeto	Retirar os outputs	Analisar os custos e benefícios		
Perceber e entender os processos e procedimentos existentes		Testar teorias e hipóteses		
Identificar os requisitos dos clientes		Identificar possíveis melhorias		

Tabela 4.2 - Project Plan do projeto NOR6S.

Fonte: (Autor, 2022)

Na fase Definir é importante definir a equipa do projeto assim como as suas tarefas. Visto que este projeto foi realizado no âmbito de uma dissertação de mestrado, o aluno tem a responsabilidade de realizar o projeto de forma autónoma, na medida em que será orientado por colaboradores da empresa. Estes colaboradores encarregues de validar resultados, assistir em falhas de conhecimento e aprovar soluções têm o papel de SMEs (*Subject Matter Experts*), sendo estes engenheiros com experiência no ramo.

No final da fase *Define*, deve estar concluída a Carta de projeto, um mapa de processo de alto nível e um ou mais CTQs que permitirão a recolha de dados na fase de *Measure*.

Ainda na fase Definir é necessário preparar a fase seguinte, a fase Medir. Para tal, é necessário definir que dados a analisar, definir o número de aeronaves a analisar, definir o intervalo de tempo dos dados a analisar e passar à recolha destes dados assim como confirmar com os SMEs a viabilidade do tratamento e escolha dos dados.

Antes de executar a fase Medir deve ser identificada uma métrica de base para o processo. A criação de uma métrica de base permite a compreensão de como um processo deve ser medido e como o processo está realmente a funcionar antes de começarem as melhorias. Também fornece um ponto de comparação para que as equipas possam mostrar a melhoria que trouxeram para um projeto no final do método DMAIC (The Council for Six Sigma Certification, 2018).

Para analisar a eficiência dos PMA foi selecionada a métrica ‘anomalias por hora de voo’. Este projeto tem foco na manutenção não programada, ou seja, na manutenção corretiva. Como este tipo de manutenção é apenas realizado com o surgimento de anomalias detetadas pela tripulação ou pelos técnicos de manutenção, foi selecionada esta métrica para analisar a

eficiência do PMA baseando-se assim em dados de anomalias encontradas na operação da aeronave ou na sua manutenção.

### 4.3 Medir

Após a fase Definir, sucede-se a fase Medir. Na fase Medir é necessário selecionar que dados necessários para realizar o trabalho. Para este projeto foram selecionadas 6 aeronaves do mesmo modelo (Cessna 152) com idades semelhantes. Foram analisados 3 anos da sua operação (de 1 de janeiro de 2019 a 31 de dezembro de 2021). A escolha destes parâmetros teve como motivação a viabilidade estatística, tendo sido escolhido o modelo de aeronaves em maior número na frota da empresa e um tempo de operação significativo.

Para estudar a variabilidade da manutenção não programada foi necessária a colheita de dados relativos às intervenções de manutenção realizadas às 6 aeronaves no período de tempo selecionado.

Usando o software Excel, foram registadas manualmente todas as 427 anomalias detetadas pela tripulação e pelos técnicos de manutenção nas 6 aeronaves nos 3 anos. Cada anomalia foi tratada individualmente. A principal fonte de colheita de dados foi o documento encontrado no Anexo 1, um formulário existente em todas as Ordens de Trabalho (OT) que é referente ao registo das anomalias e trabalho corretivo realizado pelos TMA. Com este formulário foi possível colher os seguintes dados:

- Descrição da anomalia;
- Ordem de Trabalho;
- Descrição do trabalho corretivo.

Sabendo a Ordem de Trabalho, foi possível recolher os seguintes dados:

- Descrição da OT;
- Data da OT (e da deteção e correção das respetivas anomalias);
- Horas de voo e ciclos da aeronave (no momento da deteção e correção das anomalias);
- Se a anomalia foi detetada pela tripulação (em operação) ou pela manutenção.

Com a descrição da anomalia foi possível, de modo manual, a identificar:

- O componente referente à anomalia;
- O código ATA 100 referente à anomalia;
- Se a anomalia se localiza em *Airframe* (A), *Engine* (E), *Propeller* (P) ou *Accessories* (V).

Para cada anomalia foi gerado um código composto pelo código da OT e por uma letra. Por exemplo, a OT 2020/005 referente a uma inspeção intercalar detetou 3 anomalias. Foram dados a essas anomalias os códigos 2020/005A, 2020/005B e 2020/005C. Deste modo é possível individualizar cada anomalia, de modo a ser rastreada.

Após ter todas as anomalias registadas, assim como os seus dados associados, iniciou-se o seu estudo. Primariamente, foi feita uma análise às horas de voo e ciclos da frota selecionada no período de tempo selecionado. Esta análise serve para ter uma compreensão da operação da frota e servirá posteriormente para cruzar informação com outras análises. Esta análise pode ser verificada na figura 4.3.

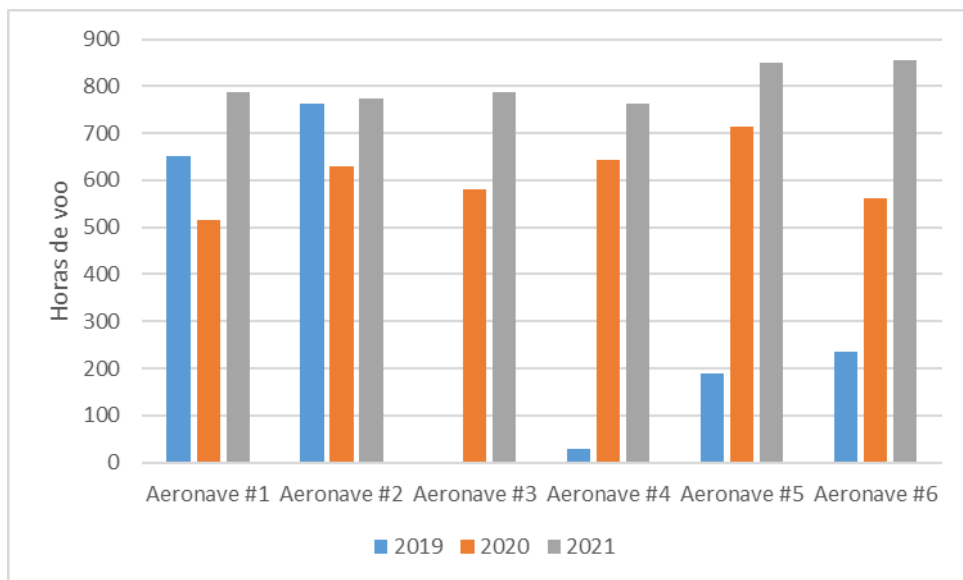


Figura 4.3 - Gráfico com horas voadas por aeronave por ano.

Fonte: (Autor, 2022)

Posteriormente foi feita uma análise ao tipo de OT, na medida em que esta análise serve para ter uma compreensão acerca da manutenção realizada á frota. Cerca de um terço das Ordens de Trabalho realizadas à frota são referentes a inspeções anuais ou de 100 horas. Cerca de 20% das OT são correções de anomalias detetadas pela tripulação.

Foi analisada também, a quantidade média de anomalias registadas em cada OT. Podemos verificar na figura 4.4 que a maior percentagem de anomalias (47%) é detetada em inspeções de 100H/anual.

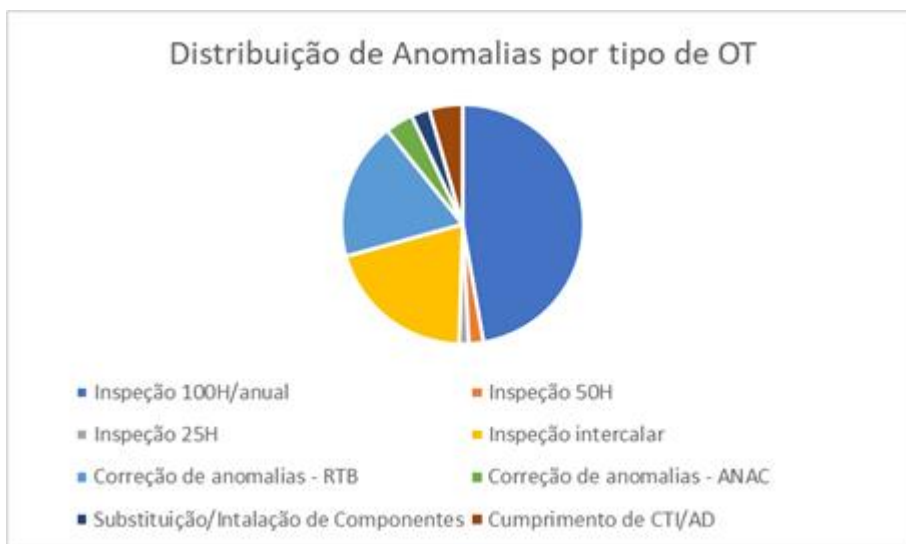


Figura 4.4 - Gráfico com a distribuição de anomalias por tipo de OT.

Fonte: (Autor, 2022)

Foi feita uma análise para determinar se as anomalias foram detetadas pela manutenção (ou seja, se foram detetadas em hangar no momento em se estava a realizar uma intervenção de manutenção) ou pela tripulação durante a operação da aeronave. Podemos verificar na figura 4.5 que 22% das anomalias são detetadas pela tripulação e 78% das anomalias são detetadas pela manutenção.

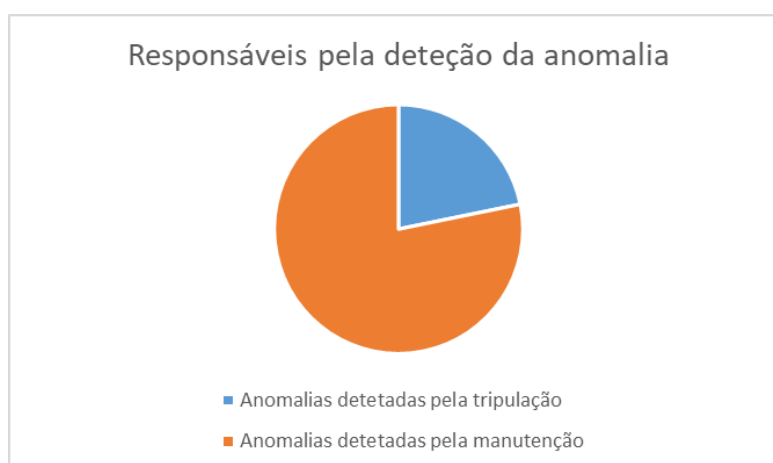


Figura 4.5 – Responsáveis pela deteção da anomalia.

Fonte: (Autor, 2022)

Posteriormente foi realizado um estudo para determinar os níveis seis sigma para medir a quantidade de anomalias por hora de voo. Os níveis sigma de cada aeronave em cada ano foram medidos com base no termo DPMO (Defeitos Por Milhão de Oportunidades). Neste estudo os defeitos correspondem às anomalias. Foi definida a oportunidade como horas de voo. Portanto a métrica utilizada para definir o nível Seis Sigma foi o número de anomalias detetadas

por hora de voo. Esta análise pode ser verificada na tabela 4.3. Os valores a vermelho são referentes às respetivas aeronaves que entraram em serviço na Nortávia a meio do respetivo ano (por exemplo, a aeronave #3 entrou em serviço na Nortávia a meio do ano de 2020).

		Nível Six Sigma						
		Aeronave						Frota
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	
Ano	2019	3.081905	3.273684	-	2.567571	3.226761	4.395307	3.212434
	2020	3.264369	3.07922	3.180073	3.411132	3.312363	3.734434	3.247133
	2021	3.045864	3.221494	3.320373	3.378679	3.186722	3.605426	3.24255
Todos os anos		3.109157	3.193041	3.256488	3.360877	3.239172	3.803763	3.23859

Tabela 4.3 - Níveis seis sigma para 6 aeronaves da Nortávia.

Fonte: (Autor, 2022)

É importante referir que os valores na tabela 4.3 representam o nível seis sigma que vai de 1 a 6. Quanto maior o valor seis sigma, menos anomalias foram detetadas no período de horas de voo. Para ter uma noção da ordem de valores, o nível 1 sigma equivale a 0.69 anomalias por hora de voo. O nível 2 sigma equivale a 0.3085 anomalias por hora de voo. O nível 3 sigma equivale a 0.0668 anomalias por hora de voo. O nível 4 sigma equivale a 0.00621 anomalias por hora de voo. O nível 5 sigma equivale a 0.00023 anomalias por hora de voo. O nível 6 sigma equivale a 0.0000034 anomalias por hora de voo. O cálculo dos níveis seis sigma tem como objetivos detetar variabilidades e servir de métrica para comprovar a viabilidade das melhorias realizadas ao longo do tempo.

Posteriormente foi feita uma análise quanto à localização das anomalias detetadas. Podemos verificar na figura 4.6 que cerca de 43% das anomalias são referentes ao *Airframe* (A), 39% das anomalias são referentes aos *Acessories/Avionics* (V), 18 % das anomalias são referentes ao *Engine* (E) e menos de 1% são referentes ao *Propeller* (P), com apenas uma anomalia detetada nas 6 aeronaves entre 2019 e 2021.

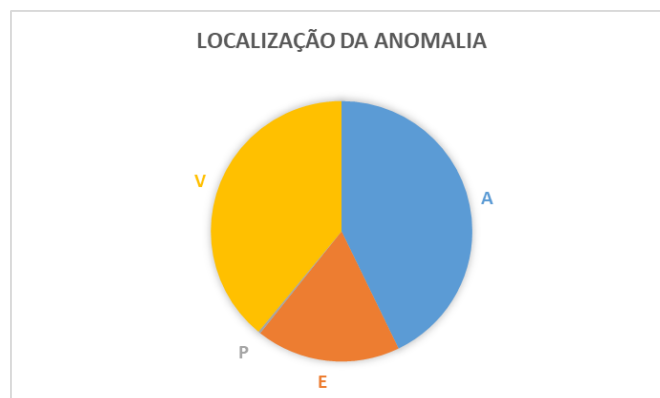


Figura 4.6 - Distribuição da localização das anomalias.

Fonte: (Autor, 2022)

Depois, foi feita uma análise quanto à localização das anomalias detetadas indexando-a aos sistemas de cada uma das áreas das aeronaves, referenciando-as à respetiva zona de acordo com a metodologia empírica comum associada à formulação ATA 100.

Para identificar visualmente os códigos ATA 100 relativos a zonas com maior incidência de anomalias, foi usada a ferramenta Diagrama de Pareto. Esta análise pode ser verificada na figura 4.7 onde podemos verificar que os códigos ATA com maior incidência de anomalias são os relativos a zonas correspondentes a ATA 32 (*LANDING GEAR*) e ATA 33 (*LIGHTS*) que correspondem a mais de 50% das anomalias detetadas na frota de 6 aeronaves entre 2019 e 2021.

O facto de a maior parte das anomalias se localizarem em zona referente a ATA 32 faz todo o sentido visto que são aeronaves de formação com voos curtos e um alto número de aterragens, o que afeta a vida útil dos componentes assim como o desgaste dos sistemas relacionados com a aterragem. Foi feita uma análise semelhante para cada ano e para cada aeronave para detetar variabilidades.

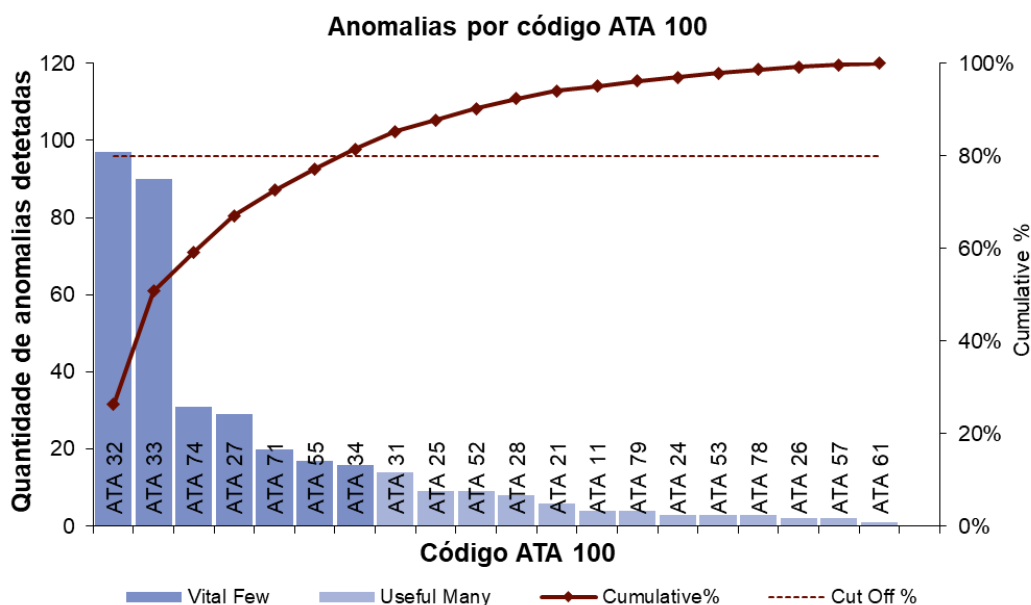


Figura 4.7 – Diagrama de Pareto com a distribuição das anomalias por código ATA 100.

Fonte: (Autor, 2022)

A indicação “*vital few*” é referente aos elementos (neste caso códigos ATA 100) que representam 80% das anomalias. A indicação “*useful many*” é referente aos elementos que representam os restantes 20%. A indicação “*cut off*” representa o valor que define a separação entre os *vital few* e os *useful many*.

De modo similar, foi realizada uma análise para identificar os componentes associados às anomalias detetadas. Esta análise pode ser verificada na figura 4.8. Podemos verificar que o componente com mais anomalias detetadas é a luz de aterragem (*landing light*) correspondendo a 15% das anomalias, seguindo-se pneus, calços do travão, velas dos cilindros, luzes de navegação (*NAV light*), travão de estacionamento (*parking brake*), magnetos e *flaps*.

As anomalias referentes a estes 8 componentes correspondem a cerca de 51% das anomalias detetadas na frota de 6 aeronaves entre 2019 e 2021. Foi feita uma análise semelhante para cada ano e para cada aeronave para detetar variabilidades em termos de distribuição de anomalias por componente.

É importante referir que a expressão ‘anomalias singulares’ corresponde a anomalias em certos componentes em que foi encontrada apenas 1 anomalia, ou seja, existem 99 componentes em que foram detetadas apenas uma anomalia nos 3 anos de operação nas 6 aeronaves, tendo sido estas agrupadas no diagrama de Pareto para evitar ficar extremamente extenso.

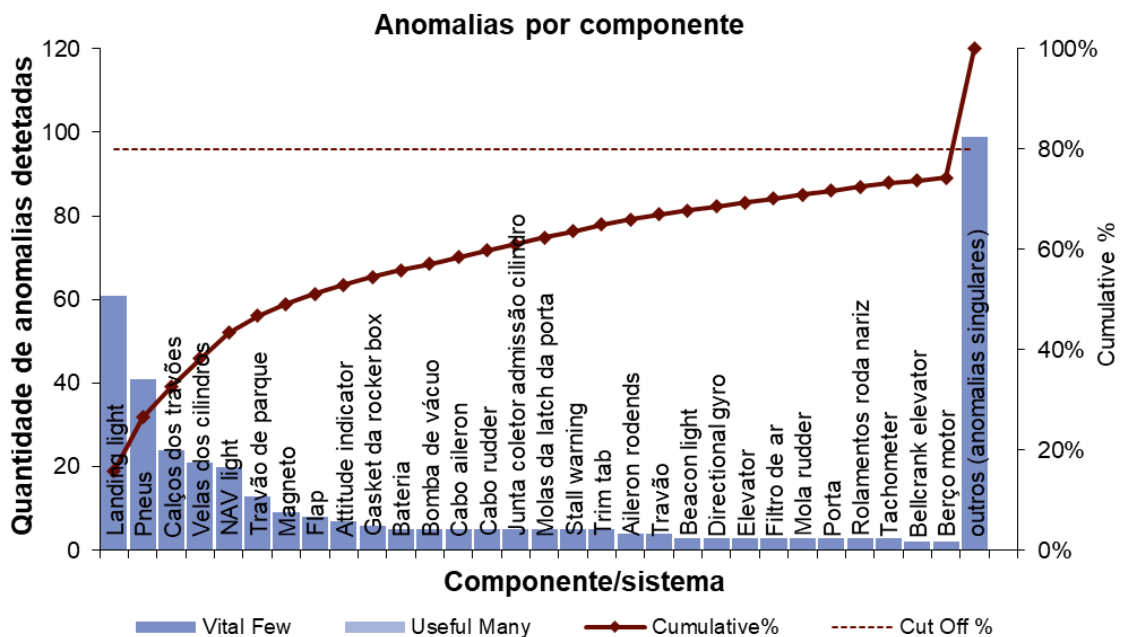


Figura 4.8 - Diagrama de Pareto com a distribuição de anomalias por componente.

Fonte: (Autor, 2022)

Foi feito também um estudo para as anomalias detetadas pela tripulação. A figura 4.9 representa um diagrama de Pareto com as anomalias registadas no RTB (Relatório Técnico de Bordo) das 6 aeronaves seleccionadas, entre 2019 e 2021.

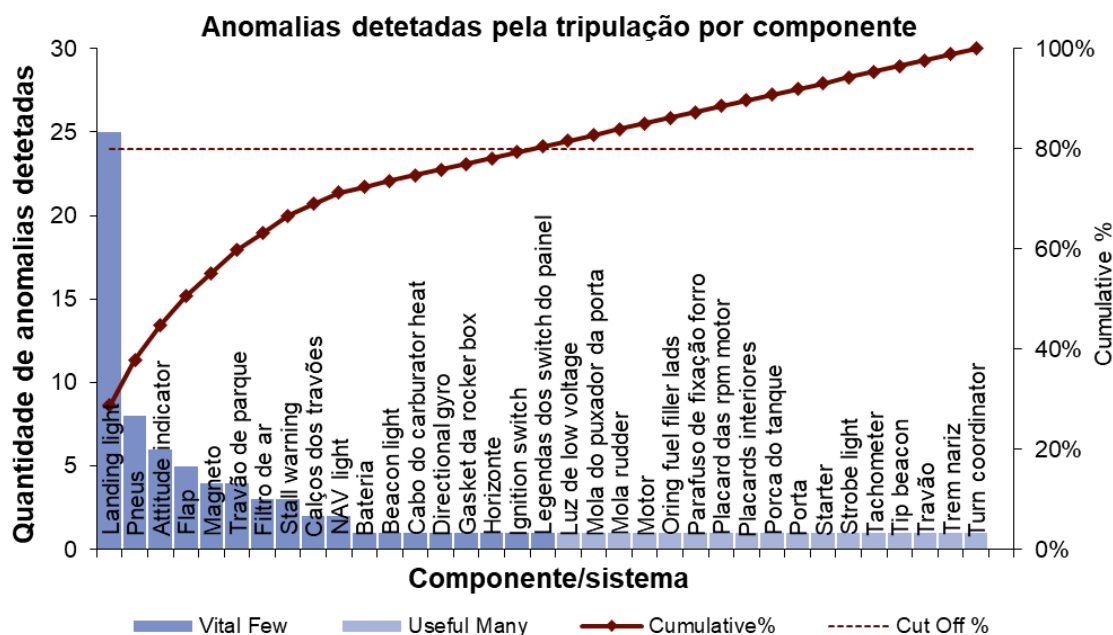


Figura 4.9 - Diagrama Pareto com a distribuição de anomalias detetadas pela tripulação por componente.

Fonte: (Autor, 2022)

Todos estes estudos servem de base para a fase seguinte, a fase Analisar, que consistirá na análise destes estudos.

#### 4.4 Analisar

O objetivo da fase Analisar é avaliar e discutir os dados obtidos na fase Medir, e tentar determinar a causa primária associada a cada anomalia, de modo a deduzir as ações que poderão atenuar ou eliminar o aparecimento das anomalias detetadas.

Nesta fase, foram usadas ferramentas como Diagramas de Pareto, Fishbone Diagrams, representações gráficas e outras ferramentas como 5 Whys e Brainstorming.

Nesta dissertação, algumas análises da fase Analisar constam da secção referente à fase Medir. Na atual secção referente à fase Analisar apenas constam análises de causa-primária das anomalias mais recorrentes.

Um exemplo de uma análise causas-primárias realizada foi a referente às anomalias na componente luz de aterragem (*landing light*) que correspondem a 15% das anomalias detetadas às 6 aeronaves entre 2019 e 2021 e a 66% das anomalias que foram detetadas pela tripulação.

As luzes de aterragem são luzes de alta intensidade utilizadas para iluminar a superfície da pista para descolagem e aterragem e também para facilitar a visualização da aeronave por outros pilotos.

O circuito da luz de aterragem é composto por um disjuntor tipo *push-to-reset* de 15 amperes conectado em série com um interruptor de *single throw rocker* de polo único conectado a uma lâmpada incandescente de 28 VDC de 250 watt. O interruptor (*switch*) da luz de aterragem e o disjuntor (*circuit breaker*) estão localizados na parte inferior do painel de instrumentos esquerdo.

Abaixo, na figura 4.10, podemos verificar a análise feita usando o diagrama causa-efeito (*fishbone diagram*), onde podemos verificar possíveis causas para uma anomalia na luz de aterragem. Com os pareceres técnicos dados pelos SMEs, foi chegada à conclusão de que a causa-primária relativa à falha da luz de aterragem (sistema interruptor “*switch*” e lâmpada) está relacionada com o número de ciclos (ligar/desligar a luz de aterragem). A cada aterragem é ligada e desligada a luz o que leva ao desgaste por horas de voo. As aeronaves analisadas fazem em média aproximada 3 aterragens por cada hora de voo.

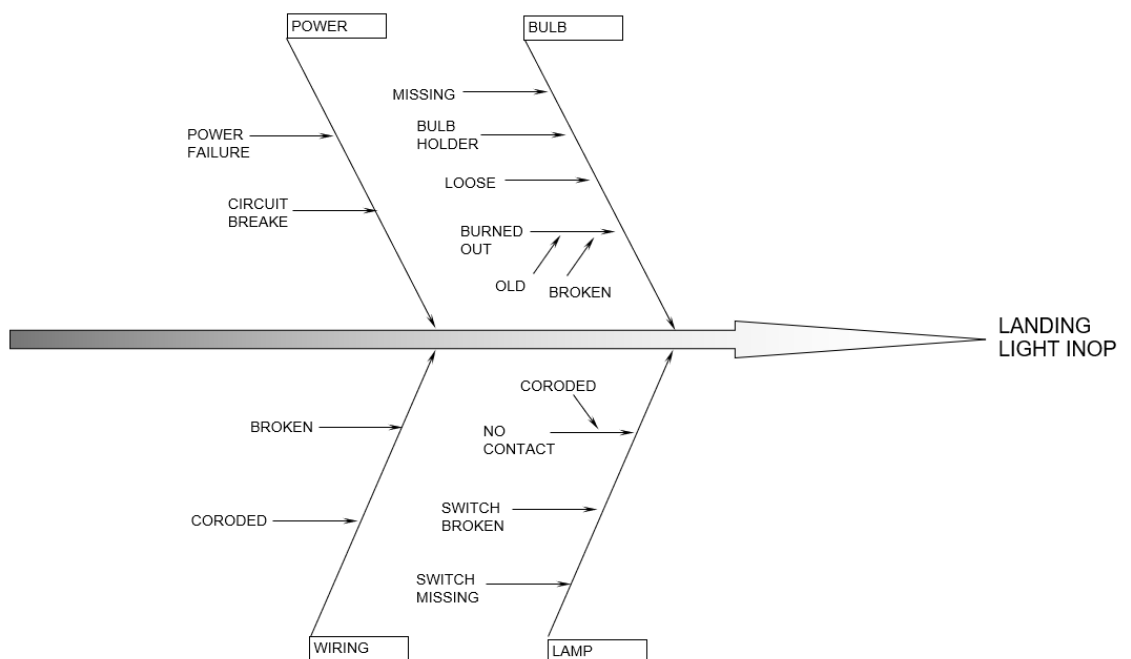


Figura 4.10 - Diagrama causa-efeito da falha da landing light.

Fonte: (Autor, 2022)

Foi feita também uma análise aos restantes 5 componentes da figura 4.9 com mais anomalias recorrentes.

Na figura 4.11 está representada a análise causa-efeito das anomalias referentes às velas de incandescência dos cilindros (*spark plug*).

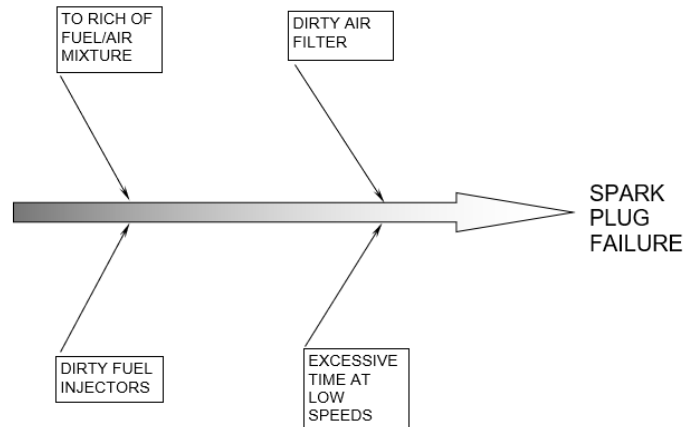


Figura 4.11 - Diagrama causa-efeito da falha nas velas de incandescência.

Fonte: (Autor, 2022)

Outro tipo de análise realizada consistiu no cálculo do tempo de vida útil de um componente com base na experiência da Nortávia. Na frota de 6 aeronaves analisada, em média, uma luz de aterragem falha e possivelmente tem de ser substituída a cada 169,3 horas de voo.

Um fator muito importante a ter em conta nas análises realizadas neste projeto são as condições em que as aeronaves são operadas. Se as aeronaves estiverem a voar em países costeiros ou em zonas com condições climáticas significativas, como altas temperaturas do ar ou humidade elevada, estão muito significativamente sujeitas a efeitos negativos nos seus materiais, unidades de energia e hélices.

A questão mais comum é a corrosão causada principalmente pelo ambiente “salino”, que acelera o processo de corrosão de componentes e materiais individuais das aeronaves. Além disso, o funcionamento da aeronave em áreas desertas afeta a aceleração do processo de desgaste da hélice, motores ou a integridade da casca (Hrúza *et al.*, 2020).

As aeronaves de formação deverão ter inspeções mais frequentes, especialmente de equipamento de aterragem e motores, uma vez que tais aeronaves têm uma duração mais curta dos voos por ano, mas um maior número de aterragens, o que, de outro modo, afeta a vida útil e o desgaste dos sistemas em comparação com as aeronaves com rotas de permanência e aterragens mais baixas. Por esta razão, a monitorização de vários sistemas, estatísticas de manutenção e falhas são fundamentais.

Todas as análises realizadas até esta fase do projeto servem de fundamento para as oportunidades de melhoria explicadas na fase seguinte.

## 4.5 Melhorar

A fase Melhorar tem como objetivo considerar as causas-primárias encontradas na fase Analisar, e também selecionar e orientar soluções para eliminar tais causas associadas às anomalias de forma a alcançar os objetivos de melhoria definidos durante a fase *Define*.

Sendo este um estudo da eficiência de um PMA, foram definidos dois potenciais tipos de melhorias. Estes foram selecionados baseando-se nos limites existentes na legislação aplicável às aeronaves e à sua gestão da aeronavegabilidade continuada. Os dois potenciais tipos de melhoria são:

- Tipo I - diminuição dos intervalos de manutenção das intervenções em que foi encontrado um grande número de anomalias e que estas possam pôr em risco a segurança operacional ou a satisfação do cliente;
- Tipo II – alteração ou melhoria dos componentes com constantes anomalias detetadas de modo a diminuir a quantidade de intervenções de manutenção corretiva ou substituição destes.

### 4.5.1 Melhoria tipo I

Um exemplo de melhoria tipo I seria diminuir as inspeções de 100H para 50H nos componentes em que se registam mais anomalias, inspecionando componentes sensíveis a falha. Como resultado, todos estes componentes selecionados seriam inspecionados simultaneamente, o que simplificaria a organização e pouparia tempo de manutenção.

De acordo com as análises e conclusões obtidas, foi proposta esta alteração no programa de manutenção aplicável ao trem de aterragem. Na figura 4.7 é possível observar que o código ATA 100 com mais anomalias foi o referente ao trem de aterragem. Na figura 4.12 está representado um extrato do PMA da frota de aeronaves do modelo Cessna 152 da Nortávia. Os itens representados na figura 4.12 são os itens de manutenção em que se sugere a melhoria tipo I, passando as tarefas a serem realizadas a cada 50H de voo ao invés de a cada 100H.

<b>D</b>	<b>Landing Gear (Refer to Section 5)</b>	
1	Main gear wheel and fairings	<b>NOT APPLICABLE</b> All Aircrafts
2	Nose gear wheel, torque links, steering rods, boots and fairings	All Aircrafts
3	Wheel bearings	All Aircrafts
4	Nose gear strut and shimmy dampener.	All Aircrafts
5	Tires	All Aircrafts
6	Brake fluid, lines and houses, linings, discs, brake assemblies, and master Cylinders	All Aircrafts
7	Parking braking system.	All Aircrafts
8	Main gear springs	All Aircrafts

Figura 4.12 - Extrato PMA da Nortávia.

Fonte: (Nortávia S. A., 2021)

A segurança será aumentada. Os custos financeiros de uma manutenção mais frequente provavelmente aumentariam, mas deve-se ter em conta que os aviões têm alguma idade. Muitos componentes já estão a tornar-se difíceis de comercializar e o seu preço está a aumentar (Hrúza *et al.*, 2020)<sup>20</sup>.

Uma manutenção mais frequente poderia reduzir e evitar que as aeronaves tenham de aterrar devido à indisponibilidade de componentes, o que poderia, em última análise, conduzir a custos muito mais elevados associados à compra de novas aeronaves. Deve também ter-se em conta que a segurança vem em primeiro lugar e que, em caso de acidente, há perda de equipamento e, no pior dos casos, ferimentos graves ou perda de vidas.

#### **4.5.2 Melhoria tipo II**

Um exemplo de uma melhoria tipo II seria a substituição das *landing light* de lâmpada incandescente por *landing light* de LED (*light-emmiting diode*). Foi feito um estudo de mercado quanto à viabilidade da substituição deste componente.

Conclui-se que uma *LED landing light* custa cerca de 15 vezes mais que uma *bulb landing light*. Alguns fabricantes afirmam que as suas *LED landing light* têm uma vida útil de 10000 horas e fornecem uma garantia de 5 anos. Foi feito um estudo de mercado no que toca a outras escolas de aviação no país que usam a mesma aeronave. Algumas das escolas adquiriram aeronaves *Cessna 152* já com as *LED landing light* integradas e afirmam ser uma ótima opção.

Esta melhoria na frota de aeronaves da Nortávia iria eliminar cerca de 15% das anomalias na frota de *Cessna 152* e iria eliminar cerca de 66% das anomalias detetadas pela tripulação. Esta melhoria seria também em prol do aumento da qualidade para o cliente, na medida em que as *LED landing light* apresentam uma configuração melhorada, mais moderna e apresenta uma melhor qualidade em termos de serviço.

Em termos de custos de manutenção, esta melhoria iria diminuir a quantidade de substituições de *landing lights* e iria diminuir a número de Ordens de Trabalho abertas especificamente para correção da anomalia '*landing light INOP*'. Segundo a operação da Nortávia, uma *bulb landing light* custa cerca de 30€ e tem uma vida útil de 170 horas de voo e segundo o fabricante, uma *LED landing light* custa cerca de 300€ e tem uma vida útil de 10000 horas de voo.

---

<sup>20</sup> No caso do modelo *Cessna 152*, todos os componentes ainda estão disponíveis. Embora o fabricante tenha cessado a produção deste modelo em 1985/86, a *Textron/Cessna* tem disponíveis todos os componentes, no entanto os operadores das aeronaves reconhecem que a *Cessna* tem valores de certos componentes (que não tem muita saída, exemplo: componentes estruturais) a um preço muito elevado comparativamente com a categoria da aeronave, e muitas das vezes com um tempo de entrega de 6 meses a um ano (possivelmente para compensar custos de armazenagem ou custos de terem de iniciar um novo lote de produção (nota do autor).

Para além das vantagens económicas e de aumento de segurança e de qualidade, esta melhoria traz benefícios a nível de aviação sustentável<sup>21</sup> produzindo menos desperdício.

Resumindo, a melhoria tipo II consiste na substituição de um componente com muitas anomalias recorrentes por um componente melhorado ou atualizado. Para tal convém estar atento aos produtos divulgados pelo fabricante e a documentos emitidos pelo fabricante tais como *Service Bulletins* e *Service Letters*.

## 4.6 Controlar

Durante a fase Controlo devem ser construídas ferramentas de modo a permitir que o processo funciona com a implementação das alterações realizadas no processo (The Council for Six Sigma Certification, 2018).

Deste modo, pretende-se propor a introdução de um procedimento que o departamento de manutenção e engenharia da Nortávia possa usar para controlar a eficiência dos PMA recorrendo à metodologia *Six Sigma* de modo a aprimorar o seu atual método de análise da eficiência dos PMA.

Para além de elaborar um procedimento, pretende-se que a análise da eficiência dos PMA seja feita de forma rápida e automática. O objetivo é que a análise de eficiência do PMA seja realizada num tempo inferior ao tempo necessário para o atual método usado pela Nortávia para analisar a eficiência dos PMA.

A sugestão de melhoria a deixar ao departamento de manutenção e engenharia da Nortávia é uma recomendação quanto ao formulário ‘Registo de anomalias e trabalho corretivo’ (Anexo 1). A sugestão é adicionar uma coluna referente ao código da tarefa do PMA em que foi encontrada a anomalia.

Deste modo, com o código da tarefa do PMA, é possível identificar automaticamente o componente referente à anomalia, visto que cada tarefa do PMA tem um componente associado. Isto trará uma grande ajuda ao realizar a análise da eficiência do PMA pelo facto de, quando for feita a análise estatística (diagramas de Pareto), não ser necessário o registo manual do componente e sim apenas o código da tarefa.

É necessário também um método para controlar as melhorias realizadas na fase Melhorar, ou seja, as melhorias com origem em análises passadas da eficiência de PMA. Para tal, sugere-se a adição de duas tabelas ao Relatório da análise da eficiência do PMA. Uma tabela deve incluir uma coluna com as intervenções de manutenção que sofreram uma redução do

---

<sup>21</sup> A aviação sustentável é um campo multidisciplinar que procura soluções para melhorar os impactos ambientais e sociais do transporte aéreo. Visa reduzir o contributo da aviação para as alterações climáticas através de novas práticas (nota do autor).

intervalo de inspeção (melhoria tipo I) e noutra coluna o número de anomalias detetadas em manutenção e em tripulação, de modo a controlar e a monitorizar as reduções de intervalos de inspeção para estudar a viabilidade destes.

A outra tabela deve incluir uma coluna com os componentes que foram substituídos (melhoria tipo II), e deve incluir outra coluna a indicar a quantidade de anomalias que esse componente registou no período de tempo analisado, de modo a controlar e a monitorizar a viabilidade da substituição dos componentes.

Pelo facto de as melhorias não terem sido implementadas até ao momento da escrita da dissertação assim como não foi realizado o procedimento da fase Controlar, não é possível validar o método descrito na dissertação. Para validar o método é necessário comprovar os resultados alcançados com a implantação do método. A única validação que se pode obter é a aprovação da empresa do que foi proposto.

## **4.7 Síntese conclusiva**

O objetivo deste trabalho baseou-se na proposta de aplicação de metodologia *Six Sigma* para avaliar o estado operacional das aeronaves de formação, analisar as condições em que são operadas e em que condições estão expostas, para analisar melhor as suas falhas e o atual programa de manutenção.

A aplicação da metodologia permite obter uma perspetiva geral da frota analisada quanto às anomalias detetadas pela tripulação ou pela manutenção e permite também a identificação do nível de eficiência (nível sigma) do PMA, de modo a controlar este nível sempre com o objetivo em aumentá-lo. A metodologia permite também identificar as melhorias que permitem aumentar o nível sigma.

# 5 Estudo de viabilidade de adoção de 6 sigma na TAP M&E

## 5.1 Introdução

Este capítulo da dissertação corresponde à descrição do trabalho realizado no departamento de Aeronavegabilidade e Engenharia da TAP M&E. Para este trabalho foi adotada a denominação de TAP6S.

Pretende-se estudar a viabilidade de criar um método, que permita identificar variabilidades nas intervenções de manutenção não programada, detetar riscos para a segurança operacional e identificar oportunidades para diminuir os custos de manutenção, tendo em conta que a análise da eficiência do PMA está regulamentada e legislada.

Pretende-se criar um procedimento que sirva como suplemento ao Programa de Controlo de Fiabilidade existente na empresa. Este projeto é constituído por 5 fases: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

## 5.2 Definir

Tanto a fase Definir como as seguintes fases foram realizadas de modo similar ao projeto NOR6S visto que esta dissertação tem como objetivo estudar a viabilidade desta mesma metodologia para diferentes operadoras.

Para clarificar o objetivo deste projeto foram usadas as ferramentas: mapa de processo, Carta do Projeto, Diagrama SIPOC e árvore CTQ, entre outras. Nesta secção será detalhada a aplicação de cada uma destas ferramentas.

### 5.2.1 Carta de projeto

O Anexo 4 corresponde ao *Project Charter* do projeto TAP6S.

### 5.2.2 Mapa do processo

Na figura 5.1 está representado o mapa do processo que foi elaborado para mostrar de forma ilustrativa e simples o processo de análise da eficiência dos PMA da TAP M&E.

Como já foi referido, os símbolos ovais representam o início ou fim do processo, os símbolos retangulares representam uma ação, os símbolos com formato de um losango representam uma decisão e os símbolos irregulares como por exemplo o referente a “Cartas de Trabalho” representam documentos.

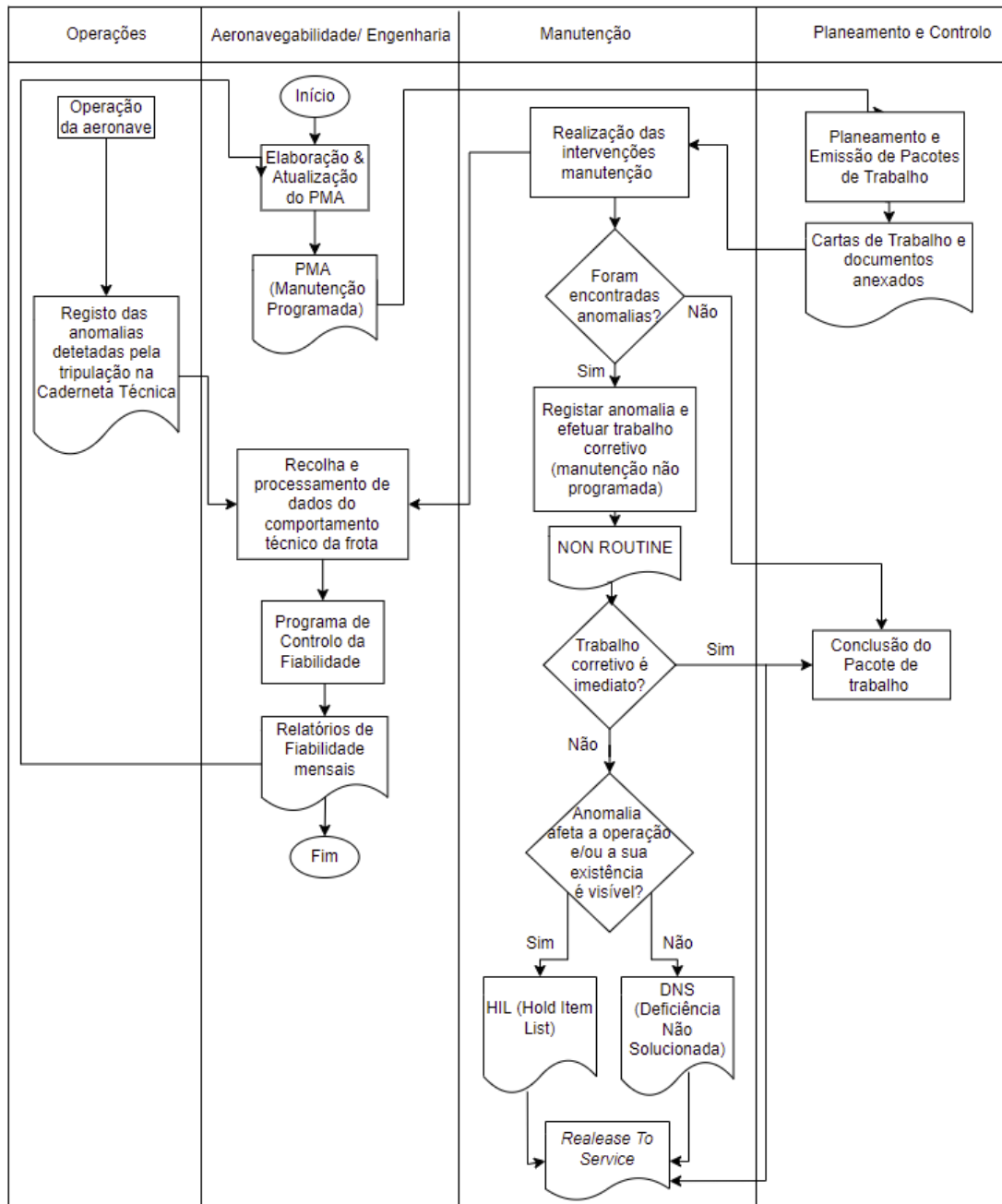


Figura 5.1 - Mapa do processo de análise de PMA.

Fonte: (Autor, 2022)

Esta ferramenta facilita a compreensão do processo, no entanto para ajudar a compreender ainda melhor, foi usada a ferramenta SIPOC, que pode ser usada também como uma ferramenta para mapear um processo.

### 5.2.3 SIPOC

Um diagrama SIPOC identifica os *inputs* de um processo e os seus fornecedores assim como os *outputs* e os consumidores destes.

Como podemos ver na tabela 5.1, os dados e informações necessárias para este processo têm origem nos dados registados pela tripulação e também em trabalhos de manutenção realizado nas aeronaves, no fabricante e no próprio departamento que analisa e analisou a fiabilidade. Estes dados são analisados pelos responsáveis da fiabilidade do departamento de Engenharia e Aeronavegabilidade para serem publicados os Relatórios de Fiabilidade para depois serem tomadas decisões quanto à alteração do PMA ou outras medidas corretivas à aeronave ou à sua operação.

SUPPLIERS	INPUTS	PROCESS	OUTPUTS	CUSTOMER
<i>Who supplies inputs to the process?</i>	<i>What are the inputs of the process?</i>	<i>What is the process?</i>	<i>What are the outputs of the process?</i>	<i>Who is the customer to that process?</i>
Operações	Dados como queixas de voo, ocorrências técnicas, atrasos, cancelamentos técnicos, incidentes/acidentes ocorridos durante o voo afetando a fiabilidade, regressos á placa e descolagens e voos abrotados por motivos técnicos	Programa de Controlo da Fiabilidade (Análise da Eficiência do Programa de Manutenção de Aeronaves)	Estatísticas, resultados e conclusões	Departamento de Engenharia e Aeronavegabilidade
Manutenção Part-145 (Técnicos de Manutenção de Aeronaves)	Dados de Manutenção de Linha referentes aos <i>inputs</i> acima fornecidos pelas operações		Soluções e assistência nas medidas corretivas a tomar	
	Dados de equipamentos removidos prematuramente do avião e indicação periódica dos reatores removidos programada ou prematuramente		Análises e conclusões	
Fabricante	Documentos emitidos pelo fabricante			
	Apoio ao cliente			
Departamento de Engenharia e Aeronavegabilidade	Relatórios de Fiabilidade anteriores			

Tabela 5.1 - Diagrama SIPOC do processo de análise de PMA.

Fonte: (Autor, 2022)

## 5.2.4 Critical to Quality Tree

Tal como no projeto NOR6S, é necessário identificar os clientes e os seus requisitos. Como já foi dito, a qualidade é construída em torno do cliente, daí a importância de definir quem é o cliente. As organizações orientadas para o cliente estão a tornar-se mais comuns a nível global. Cerca de 70% dos clientes que deixam uma empresa fazem-no não pela qualidade do produto, mas pela qualidade do serviço.

A maioria das organizações gasta a maior parte dos seus recursos na aquisição de novos clientes e menos na retenção de clientes. A satisfação superior do cliente não significa que a empresa tenha boa retenção de clientes e boa fidelização do cliente. Na verdade, os clientes atuais valem cerca de cinco vezes mais do que novos clientes. Em termos de custo, o custo de reter um cliente atual é apenas um quarto do custo de aquisição de um novo cliente (Cook & Jordan, 2022).

A *Critical to Quality Tree* (CTQ) é uma ferramenta *Six Sigma* utilizada para identificar as necessidades do cliente e traduzir essa informação em requisitos mensuráveis de produtos e processos. Permite que as organizações compreendam as características de um produto ou serviço que mais impulsiona a qualidade para os clientes.

Na figura 5.2 podemos observar a árvore CTQ elaborada. Nela podemos distinguir os clientes internos dos clientes externos e também podemos reparar que os seus requisitos são partilhados. Isto é de prever pois as necessidades dos clientes internos (própria empresa) são a satisfação e o cumprimento dos requisitos do cliente externo (cliente final que gera receita).

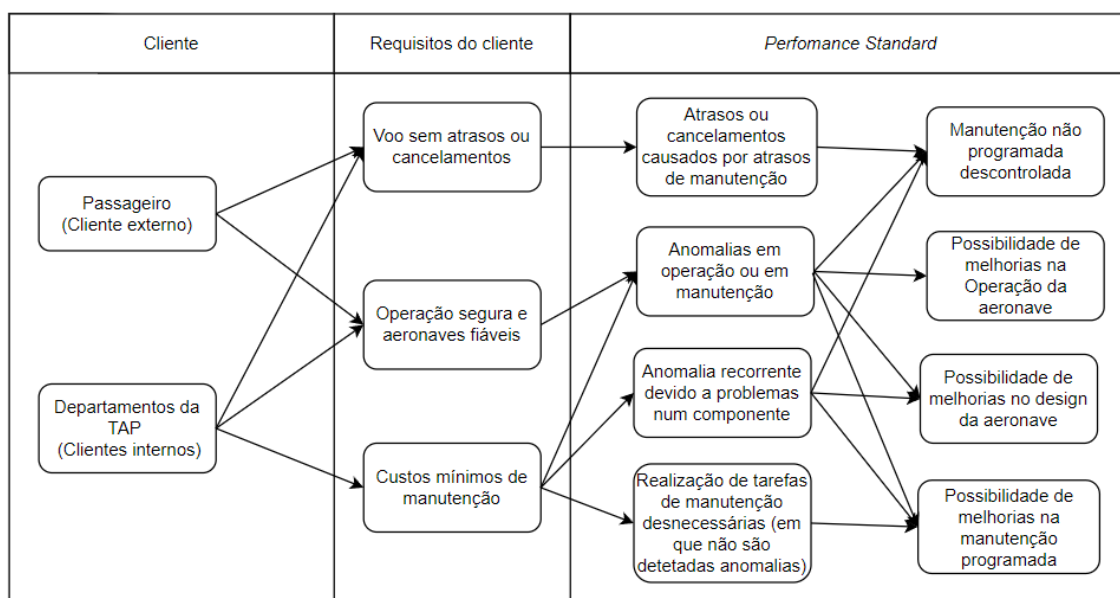


Figura 5.2 - Árvore CTQ do processo relativo à análise de PMA.

Fonte: (Autor, 2022)

## 5.2.5 Outras ferramentas

Na fase Definir é também importante definir o plano do projeto. Este pode ser observado na tabela 5.2.

Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar
Definir o problema	Coletar dados necessários	Analisar os dados e resultados obtidos	Definir um plano de melhoria	Criar um procedimento para controlar o processo
Definir o que se pode melhorar	Definir a estratégia da colheita de dados	Identificar as causas-primárias para os problemas e obter resultados	Identificar riscos associados aos planos de melhoria	Validar o procedimento
Desenvolver o plano de projeto	Retirar os outputs	Analisar os custos e benefícios		
Perceber e entender os processos e procedimentos existentes		Testar teorias e hipóteses		
Identificar os requisitos dos clientes		Identificar possíveis melhorias		

Tabela 5.2 - Plano do projeto TAP6S.

Fonte: (Autor, 2022)

Na fase Definir é importante definir a equipa deste projeto assim como as suas tarefas e o plano de comunicação. Visto que este projeto foi realizado no âmbito de uma dissertação de mestrado, o aluno tem a responsabilidade de realizar o projeto de forma autónoma, na medida em que será orientado por colaboradores da empresa. Estes colaboradores encarregues de validar resultados, assistir em falhas de conhecimento e aprovar soluções têm o papel de SMEs (*Subject Matter Experts*), sendo estes engenheiros com experiência no ramo.

No final da fase Definir, deve estar concluída a Carta de projeto, um mapa de processo de alto nível e um ou mais CTQs que permitirão a recolha de dados na fase de Medir. A carta do projeto serve de documento de referência ao longo de todo o projeto, e o mapa do processo, bem como os CTQ, ajudam na determinação de aspetos mensuráveis fundamentais do processo (Stern, 2016).

Tendo sido realizadas como tarefas necessárias para a fase Definir é necessário preparar a próxima fase, a fase Medir. Os passos a seguir são definir que dados a analisar, definir o número de aeronaves a analisar, definir o intervalo de tempo dos dados a analisar e passar à recolha destes dados assim como confirmar com os SMEs a viabilidade do tratamento e escolha dos dados.

## 5.3 Medir

Após a fase Definir sucede-se a fase Medir. Para este projeto foram selecionadas 6 aeronaves do mesmo modelo (A320) com idades semelhantes. Foram analisados 4 anos da sua operação (de 1 de janeiro de 2016 a 31 de dezembro de 2019). A escolha destes parâmetros foi em prol da viabilidade estatística.

Para estudar a variabilidade da manutenção não programada foi necessária a colheita de dados relativos às intervenções de manutenção realizadas às 6 aeronaves no período de tempo selecionado. Do software interno da TAP “SPACE” foram exportadas para o software *Excel* todas as 60170 intervenções de manutenção de base realizadas. Posteriormente foi feito um estudo do tipo de intervenção de manutenção realizada.

Na figura 5.3 podemos verificar as percentagens de intervenções de manutenção. Cerca de 61% são referentes a manutenção programada proveniente de Cartas de Trabalho com um código MPM associado (referentes ao PMA). A segunda maior parcela é referente às NR (Non Routines) referentes à manutenção não programada, ou seja, à manutenção corretiva realizada quando foi encontrada uma anomalia ao realizar algum tipo de intervenção de manutenção.

A terceira maior parcela é referente às Ordens de Engenharia, referentes a tarefas de manutenção programada (que também constam no PMA) emitidas pela Engenharia e Qualidade da TAP M&E baseadas em SBs, ADs ou na experiência TAP. A quarta maior intervenção de manutenção é referente aos RTR (Relatório de Trabalho a Realizar) referentes a documentos emitidos pelo departamento de engenharia relevante.

As restantes intervenções que representam menos de 1% são as DNS (Deficiência Não Solucionada), HIL (Hold Item List), EA (*Engineering Authorization*) e *Walkaround* (inspeção visual de forma generalizada à volta do avião).

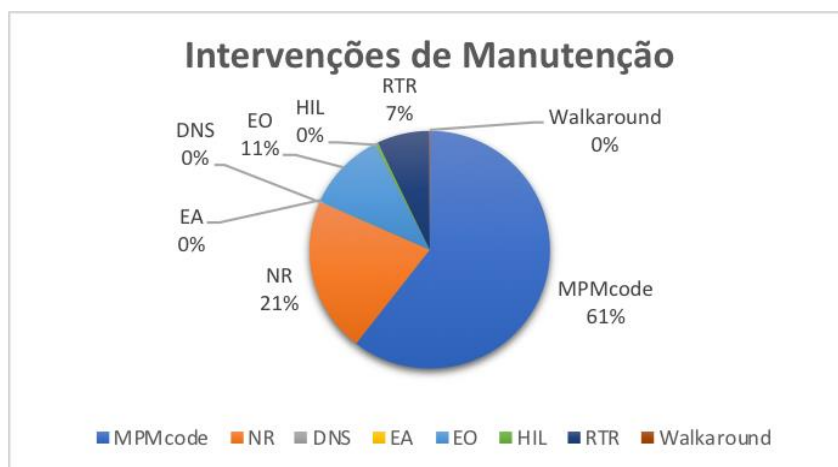


Figura 5.3 - Gráfico com percentagens dos tipos de intervenções realizadas.

Fonte: (Autor, 2022)

Para analisar a variabilidade do trabalho de manutenção não programada foram selecionadas as intervenções NR. Como já foi referido as Non Routines são geradas quando na manutenção da aeronave é encontrada uma anomalia, ou seja, um NR tem uma intervenção de manutenção de origem. Foi feito um estudo quanto às origens das NR, e como foi de prever, a maioria das NR têm origem nas intervenções de manutenção programada referentes ao MPM (anexo ao PMA).

Como podemos ver na figura 5.4, uma grande percentagem de NRs têm origem em EO (o que faz sentido, pois as Ordens de Engenharia são elaboradas para preencher lacunas no programa de manutenção aconselhado pelo fabricante). Usam-se para ter registos mais pormenorizados de itens de PMA considerados críticos, para cumprimento de AD's, SB's de inspeção ou modificação, ou tarefas de inspeção/manutenção concebidas pela TAP e, portanto, sem suporte documental do fabricante.

O facto de terem sido realizadas um grande número de tarefas de manutenção corretiva comprova a necessidade das EOs pois o objetivo das inspeções de manutenção é detetar anomalias).

Uma percentagem significativa de NRs têm origem não definida, isto pode acontecer devido às anomalias serem encontradas num momento em que não se estava a realizar nenhuma tarefa específica de manutenção ou quando se estava a realizar uma tarefa de manutenção que nada tinha a ver com a anomalia. Podemos também verificar que algumas NR tiveram origem em outras NR, em RTR, DNS, HIL ou Walkaround, explicado pelo facto de nestas intervenções de manutenção (embora algumas de carácter não programado) terem sido detetadas anomalias.

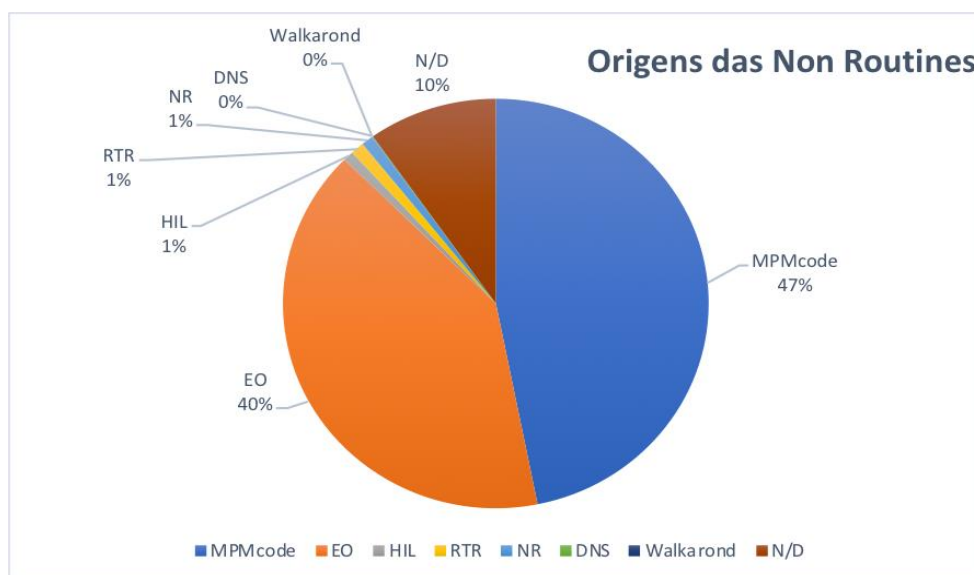


Figura 5.4 - Gráfico com as origens das NR.

Fonte: (Autor, 2022)

Feita a análise à densidade de Non Routines e as suas principais origens, foi feita uma análise à percentagem de NR em relação a todas as intervenções de manutenção realizadas em cada aeronave por ano assim como em cada ano por aeronave.

Esta análise pode ser observada no Anexo 5. Esta análise teve como objetivo detetar variabilidades.

Para além da análise da percentagem de NR em relação a todas as intervenções, foi feita também a análise dos níveis sigma para medir a quantidade de anomalias (encontradas na manutenção de base) por hora de voo.

Os níveis sigma de cada aeronave em cada ano foram medidos com base no termo DPMO (Defeitos Por Milhão de Oportunidades).

Neste estudo os defeitos correspondem às anomalias encontradas em manutenção de base, ou seja, as NR. Foi definida a oportunidade como horas de voo. Portanto a métrica utilizada para definir o nível Seis Sigma foi o número de anomalias encontradas na manutenção de base por hora de voo, ou seja, n.º Non Routines/Hora de Voo.

A tabela 5.3 corresponde aos níveis six sigma obtidos para cada aeronave e para cada ano.

		Nível Six Sigma						
		Aeronave						Frota
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	
Ano	2016	2.418783	2.560348	2.328447	2.342626	2.541584	2.582165	2.464089
	2017	2.573943	2.321245	2.912482	2.949826	3.022386	2.921066	2.767152
	2018	3.055125	3.061675	2.524178	2.64041	2.489203	2.511628	2.689015
	2019	2.612236	2.60334	2.745472	2.613284	2.494828	2.592148	2.607137
Todos os anos		2.644672	2.60693	2.615505	2.618966	2.614917	2.64067	2.623477

Tabela 5.3 - Níveis seis sigma do projeto TAP6S.

Fonte: (Autor, 2022)

Este estudo teve também como objetivo detetar variabilidades nos níveis seis sigma e no número de anomalias detetadas. Tanto no estudo das percentagens de NRs como nos níveis sigma foram encontradas variabilidades de aeronave para aeronave e de ano para ano. Para justificar estas variabilidades foi feito um estudo de correlação.

Para este estudo de correlação fez-se uma análise às horas de voo e ciclos de cada aeronave em cada ano assim como uma análise da repetição das “A checks” e “C checks”. A variabilidade de percentagens de NR assim como níveis sigma foi explicada pela sua correlação com a quantidade de “C checks” que cada aeronave fez em cada ano.

Nos anos em que uma aeronave tinha um nível sigma alto ou uma percentagem de Non Routines baixa, correspondia ao ano em que não foi realizada nenhuma “C check”. Foi notória esta correlação pois segundo o estudo realizado (mostrado no Anexo 5) cada “C checks” gera cerca de 400 Non Routines, enquanto uma “A check” gera cerca de 40 Non Routines.

É de notar que as “A checks” geralmente realizam-se a cada 1,5/2 meses e as “C checks” geralmente realizam-se a cada 15/17 meses.

Pelos estudos realizados até à atual fase do projeto, podemos concluir que não houve nenhuma variabilidade significativa que não estivesse relacionada com a quantidade de C checks.

De seguida foi feita uma análise à identificação das NR no que toca à ATA de cada NR. Este estudo tem como objetivo identificar os códigos ATA com mais anomalias. Para tal foi essencial identificar a origem das NR.

Para as 5939 Non Routines com origem em Cartas de Trabalho com um código MPM associado, foram retirados os primeiros 2 dígitos deste mesmo código por serem referentes ao código ATA.

Para as 5140 Non Routines com origem em EO foram retirados 2 primeiros dígitos da EO por serem referentes à ATA.

Para o resto das NR (as 1242 com origem não definida assim como as 354 com origem em HIL, NR, RTR, DNS ou Walkaround), a ATA correspondente teve de ser identificada manualmente.

Depois de identificada a ATA para cada uma das 12575 intervenções de manutenção NR foi feita uma análise com o uso da ferramenta Diagrama de Pareto para identificar as ATA com mais NR, ou seja, a ATA com mais intervenções de manutenção não programada.

Esta análise foi feita para cada um dos 6 aviões ao longo dos 4 anos e também foi feita uma análise para cada um dos anos de operação da frota selecionada.

No Anexo 5 podemos ver com mais detalhe estas análises. Na figura 5.5 podemos ver um Diagrama de Pareto referentes aos códigos ATA das Non Routines das 6 aeronaves selecionadas no período de tempo selecionado.

Podemos verificar que as NR correspondentes às 8 primeiras ATA representadas na figura 5.5 correspondem a mais de 80% das NR (cerca de 80,62%).

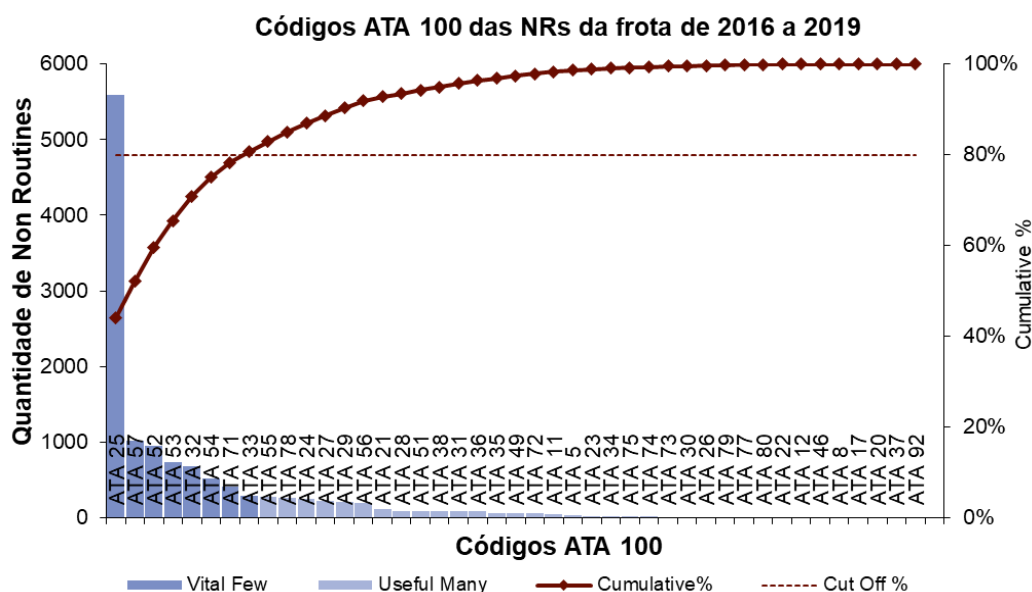


Figura 5.5 – Diagrama de Pareto com a distribuição das NR por código ATA 100.

Fonte: (Autor, 2022)

Posteriormente foi feito um estudo mais aprofundado de modo a identificar os códigos SUBATA dos 8 capítulos ATA com mais Non Routines geradas, ou seja, com mais anomalias. Este estudo foi feito para toda a frota de 6 aeronaves entre 2016 e 2019, em que foram analisadas as ATA 25, 71, 57, 52, 53, 54, 33 e 32.

Todos estes dados recolhidos na fase Medir serviram de contributo para a próxima fase, a fase Analisar.

Depois de analisadas as ATA e respetivas SUBATA com mais Non Routines, foi realizado outro estudo para identificar quantas Non Routines gera cada Job Order.

Este estudo consistiu na análise do número de Non Routines que cada Job Order gera. Com este estudo pretende-se identificar as Job Orders que geram mais Non Routines assim como as Job Orders que não geram nenhuma Non Routine.

Para tal foram verificadas as vezes que cada Job Order foi efetuada em cada aeronave em cada ano, e quantas Non Routines tiveram origem nessa mesma Job Order de modo a identificar o número de Non Routines que são geradas em cada Job Order.

A Job Order que mais Non Routines gerou foi a EO25R1425, tendo sido efetuada uma vez em cada C check, na medida em que por cada vez que é efetuada gera cerca de 50 Non Routines.

Das 3258 Job Orders realizadas à frota em análise entre 2016 e 2017, 2428 Job Orders não geraram Non Routines. Dessas, 566 Job Orders têm um código MPM associado e 583 Job

Orders são referentes a EOs. As restantes são referentes a intervenções de manutenção que não têm como objetivo a deteção de anomalias. Ou seja, cerca de 1100 Job Orders que estão ou estiveram no PMA da frota de A320 não geraram nenhuma Non Routine. Isto na frota analisada e entre 2016 e 2019.

Algumas destas Job Orders não tiveram nenhuma anomalia detetada pelo simples motivo de a Job Order ter sido cancelada em 2016 ou ter sido adicionada ao PMA em 2019. Por esse motivo foi criado um filtro de modo a selecionar apenas as Job Orders que estiveram em vigor entre 2016 e 2019, eliminando as que foram canceladas entre este período e as que foram adicionadas ao PMA neste período.

Foram selecionadas as Job Orders que foram realizadas mais vezes nos 4 anos e não geraram nenhuma Non Routine. Foram selecionadas 5 Engineering Orders e 54 Job Orders com código MPM associado. Estas *Job Orders* selecionadas correspondem àquelas que foram realizadas mais de 100 vezes no período de 4 anos nas 6 aeronaves, pelo motivo de terem um maior potencial no que toca a minimização de custos de manutenção. As tarefas que têm baixa realização (ou nula) na aeronave devem ser automaticamente excluídas.

Foi feita uma análise à revisão 30 do PMA das aeronaves em estudo para verificar se alguma destas Job Orders foi cancelada após 2019, e também identificar a data da sua última revisão.

Posteriormente foi feita uma análise quanto às zonas. Um item MPM pode ter várias Job Order. Por exemplo o item MPM 5271 00000002 gera as Job Orders 5271 00000002 221, 5271 00000002 222, 5271 00000002 261 e 5271 00000002 262, na medida em que os últimos 3 dígitos correspondem à zona da aeronave. Com esta análise pretende-se identificar as zonas referentes à Job Order e verificar se a Job Order teve anomalias em alguma das zonas associadas ao mesmo item MPM.

Posteriormente foi identificada a descrição destas Job Orders assim como os seus intervalos. Todas as informações analisadas foram retiradas da revisão 30 do PMA das aeronaves em estudo, ou seja, a última revisão do PMA à data deste trabalho.

Ao analisar a descrição das tarefas é necessário ter em atenção o TASK CODE destas e ter cuidado com a tarefa que se pretende escalonar. Isto porque os dados de tarefas de manutenção programada (por exemplo, lubrificação ou reposição de óleo) não resultarão normalmente em anomalias reportadas. Para estas tarefas, a avaliação e análise de Engenharia é o método primário a ser usado para suportar um possível escalonamento da tarefa. A avaliação da engenharia deve ter em conta os efeitos negativos a longo prazo (por exemplo, corrosão) resultantes de intervalos de manutenção inadequados.

Também, para muitas tarefas de *restoration/discard*, os resultados das falhas não serão normalmente registados no desempenho da tarefa. Nestes casos, deve ser efetuada uma avaliação da engenharia dos dados de *shop/teardown*. Esta análise de engenharia deve avaliar a taxa de desgaste, corrosão e degradação dos lubrificantes ou outros componentes incluídos.

## 5.4 Analisar

O objetivo da fase Analisar é analisar os dados obtidos na fase Medir, segmentar, priorizar e verificar as possíveis causas raiz. Nesta fase, foram usadas ferramentas como Diagramas de Pareto, *Fishbone Diagrams*, representações gráficas e outras ferramentas como *5 Whys* e *Brainstorming*.

Na fase Analisar são recolhidos dados de acordo com o projeto de melhoria. Os objetivos são definidos, as variáveis independentes são identificadas e as fontes de variabilidade são analisadas (Foster, 2004). De certa forma, as fases Medir e Analisar foram realizadas em simultâneo. Por exemplo, ao realizar o estudo da variabilidade das Non Routines, foi feita uma análise para explicar e justificar a variabilidade encontrada, pelo que se concluiu que a variabilidade era causada pela dispersão de “C checks” ao longo dos anos.

A correlação é uma medida estatística que expressa até que ponto duas variáveis estão relacionadas linearmente. A correlação entre os níveis seis sigma e as intervenções de manutenção “C check” tem o valor de  $r=-0.8917$ , ou seja, uma correlação bastante forte e uma associação negativa entre as duas variáveis.

Na fase Analisar deve ser feita uma análise de causas-primárias ao facto de uma anomalia ocorrer de forma repetitiva assim como um estudo das tarefas e intervenções de manutenção, como por exemplo usar o documento AMM (*Aircraft Maintenance Manual*) para estudar todos os procedimentos referentes a uma determinada intervenção de manutenção.

Nesta fase serão feitas análises que servem de fundamento para as oportunidades de melhoria explicadas na fase seguinte.

## 5.5 Melhorar

A fase Melhorar tem como objetivo considerar as causas encontradas na fase Analisar, e também selecionar e orientar soluções para eliminar tais causas de forma a alcançar os objetivos de melhoria definidos durante a fase Definir.

A fase Melhorar é a fase de melhoria. Sendo este um estudo da eficiência de um PMA, os três potenciais tipos de melhorias são:

- Tipo I - diminuição dos intervalos de manutenção das intervenções em que foram encontradas demasiadas anomalias e que possam pôr em risco a segurança operacional ou a satisfação do cliente;

- Tipo II - alteração e melhoria, por parte do fabricante, dos componentes com constantes anomalias detetadas de modo a diminuir a quantidade de intervenções de manutenção corretiva;
- Tipo III - escalonamento de intervenções de manutenção em que não foram encontradas anomalias, aumentando o intervalo de inspeção para reduzir os custos associados à manutenção.

### **5.5.1 Melhoria tipo I**

As diminuições de intervalos de manutenção das intervenções de manutenção podem ter duas motivações.

A primeira motivação é o facto de as anomalias encontradas poderem causar riscos à segurança operacional (segurança de voo). Um exemplo é um componente em que sejam encontradas sempre anomalias em manutenção de base e que durante o voo, o aparecimento desta anomalia em simultâneo com outra anomalia possa pôr em perigo os passageiros.

A segunda motivação é referente às anomalias encontradas que põem em risco a satisfação do cliente. Um exemplo é uma tarefa de inspeção visual aos assentos dos passageiros ser feita a cada 300FH e pela estatística surgir uma anomalia visível para o passageiro a cada 100FH, ou seja, o defeito estará visível para o passageiro por 200FH, o que poderá interferir com a satisfação do cliente e a qualidade do serviço. Deste modo, existem benefícios ao diminuir o intervalo de tempo de uma inspeção que permita detetar estragos visíveis para o passageiro o mais rápido possível.

Para diminuir os intervalos de manutenção, a TAP não necessita de aprovação da ANAC.

É necessário reconhecer que a redução dos intervalos de manutenção pode aumentar a necessidade de peças sobressalentes (Kolerus & Wassermann, 2011).

### **5.5.2 Melhoria tipo II**

A alteração e melhoria do design ou dos materiais de um certo componente permitem que este componente falhe menos vezes e que sejam encontradas menos anomalias. A diminuição de anomalias diminuiria os custos associados à manutenção corretiva (não programada) e aumentaria a satisfação do cliente.

Um exemplo de melhoria do design que o fabricante poderia realizar seria nos painéis dos compartimentos de carga. Nestes painéis são detetados estragos possivelmente causados por embates ao carregar a carga, pelo que os estragos seriam mitigados ao substituir o material dos painéis. A melhoria deste componente resultaria numa diminuição de 0,5% das Non Routines.

Outro exemplo de melhoria do design seria no apoio do braço (*armrest*) dos passageiros. Cerca de 1,3% das Non Routines são referentes à deteção de estragos neste componente. Este componente é visível para os passageiros, interferindo assim com a satisfação do cliente. Associado a este componente está o encosto (*backrest*) que é referente a cerca de 1,6% das Non Routines.

É importante referir que os SBs emitidos pelo fabricante podem conter soluções para este tipo de melhoria, ou seja, o fabricante pode já ter emitido um SB com um design atualizado de um certo componente.

### **5.5.3 Melhoria tipo III**

Para o escalonamento das inspeções de manutenção é necessário um estudo com o objetivo de obter a aprovação por parte da ANAC. Este estudo terá de se basear na análise das intervenções de manutenção e dados disponíveis ao nível do PMA da frota, bem como na consulta das publicações aplicáveis, tais como as cartas de Non Routines, o MRBR e o MPD.

A metodologia para justificação da viabilidade do escalonamento faz uma abordagem do problema nas seguintes perspetivas distintas, mas complementares:

- Pareceres técnicos do grupo da Engenharia e Qualidade da Área Aviões da TAP M&E relativamente aos “*findings*” (anomalias/discrepâncias) reportados;
- Identificação dos itens CMR\*, e AD’s;
- Parecer Técnico do fabricante (neste caso a Airbus).

Para a análise das anomalias detetadas na manutenção de base devem ser consideradas todas as inspeções realizadas de todos os aviões da frota em análise no período de tempo selecionado (excluindo as aeronaves que passaram a integrar a frota muito recentemente). Atendendo ao volume de dados e por a frota ter aviões com idade e configuração muito semelhantes é possível considerar uma amostragem, por exemplo, de 50%.

É necessário considerar também CMR’s de uma e duas estrelas. CMR’s de uma estrela (CMR\*) especificadas no documento ALS Part 3 correspondem a tarefas obrigatórias que não podem ser alteradas ou eliminadas sem a concordância da EASA, ou seja, os intervalos de tarefas de CMR\* citados na ALS Parte 3 são limitações absolutas e não podem sofrer escalonamentos sem a concordância da EASA.

CMR’s de duas estrelas (CMR\*\*) especificadas no documento ALS Part 3 correspondem a tarefas obrigatórias que não podem ser alteradas ou eliminadas sem a concordância da EASA, ou seja, intervalos de tarefas CMR\*\* podem ser ajustados de acordo com as práticas de escalonamento do Operador ou com um programa de fiabilidade aprovado, mas o conteúdo da tarefa não pode ser alterado ou eliminado sem a aprovação prévia da EASA.

Para um item CMR\*\* poder ser submetido a um pedido de escalonamento, não deve ter sido encontrada nenhuma anomalia nas realizações das tarefas deste item.

Para proceder ao escalonamento das intervenções de manutenção, deve ser enviado um relatório de escalonamento de inspeções de manutenção à ANAC, com as intervenções que se pretende escalonar, assim como quais os acréscimos de intervalo que se pretende escalonar. A edição 8 da CTI 01-01 refere que o ajustamento de tarefas por escalonamento carece de aprovação prévia por parte da ANAC (ANAC, 2013). Neste relatório devem constar os pareceres técnicos dos especialistas de engenharia da TAP M&E assim como os pareceres do fabricante. Deve ser anexado o Relatório do Estudo das Non Routines (RENRR).

No projeto TAP6S foram apenas analisadas 6 aeronaves do mesmo modelo e com idades semelhantes, pelo que não é viável tirar conclusões acerca de toda a frota da família A320 da TAP, visto que esta inclui os modelos A319, A320, A320N, A321 e A321N com diferentes idades. No entanto é possível realizar melhorias à frota de 6 aeronaves analisadas.

Na fase Melhorar deste projeto deve ser feito um estudo complementar à fase Medir/Analisar de modo a identificar quais as tarefas de manutenção selecionadas que podem ser submetidas a um escalonamento. Esta tarefa deve ser realizada e aprovada pelos especialistas da engenharia da TAP, assim como posterior pedido de parecer ao fabricante.

A análise referente à possibilidade de escalonamento das cartas de trabalho que não geraram NR pode ser encontrada no Anexo 5.

Com as informações retiradas do MPD emitido pelo fabricante onde são mostradas as *Man-hours* que cada intervenção de manutenção exige, foi possível calcular que escalonar em 20% os intervalos das 36 das 50 tarefas selecionadas neste projeto a TAP M&E pouparia cerca de 1000 € por ano por aeronave, apenas em custos de mão de obra. O cálculo foi feito com base no histórico operacional das aeronaves em análise.

Este tipo de melhoria permite diminuir os tempos de inspeção. Para a competitividade de uma organização de manutenção de aeronaves, é fundamental conseguir diminuir o tempo do avião no chão, conseguindo libertar o avião mais cedo assim como libertar o espaço e mão-de-obra em hangar para outras atividades (Fonseca, 2014).

É necessário reconhecer que o aumento dos intervalos de manutenção aumenta o risco de manutenção não programada (Kolerus & Wassermann, 2011).

## **5.6 Controlar**

A fase Controlar tem como objetivo implementar medidas e ações em curso para sustentar a melhoria através da monitorização, normalização, documentação e integração do novo processo nas atividades diárias (Pande *et al.*, 2000).

A fase Controlar do projeto TAP6S consistiu em elaborar um procedimento que permite o controlo da eficiência dos PMA da frota da TAP com a metodologia apresentada nesta dissertação. Pretende-se que, com este procedimento, a TAP consiga controlar a variabilidade das NR e, sendo este procedimento realizado periodicamente, seja fonte de potenciais alterações no PMA, seja para aumentar a segurança operacional ou minimizar custos de manutenção.

Pretende-se elaborar um procedimento que providencie periodicamente um Relatório de Estudo das Non Routines, de modo a ser incluído no Programa de Controlo de Fiabilidade. Pretende-se que este relatório, depois de publicado, seja submetido a uma análise para a posterior toma de medidas corretivas (como por exemplo o início de um processo de pedido de aprovação de escalonamento do intervalo de inspeções de manutenção).

Pretende-se elaborar um procedimento interno da TAP, assim como um *template* para os Relatório de Estudo das Non Routines (RENR) e Relatório de Escalonamento das Intervenções de Manutenção (REIM). É necessário também elaborar um software semelhante ao que gera os Relatórios de Fiabilidade, para uma colheita de dados, gráficos e relatórios gerados de forma automática ao invés de manual.

Resumidamente este procedimento tem como finalidade:

- identificar as tarefas para as quais há provas suficientes para justificar que o escalonamento proposto não terá impacto na continuidade da aeronavegabilidade, na fiabilidade da aeronave ou nos custos de manutenção;
- identificar as tarefas em que a experiência suporta que o intervalo permaneça como foi originalmente recomendado ou, seja reduzido;
- determinar se existe a necessidade de introduzir tarefas programadas adicionais.

Os requisitos e as políticas deste procedimento são:

- A relevância e a importância dos *findings* devem ser ponderadas;
- O formato e o conteúdo dos dados devem ser padronizados (capítulos ATA usados pelo fabricante);
- A qualidade, integridade e clareza dos dados devem ser asseguradas;
- Cada tarefa será considerada individualmente;
- Informações relacionadas com a continuidade da aeronavegabilidade devem ser verificadas (AD, SB, relatórios, modificações/reparações, etc.);
- A análise de cada tarefa deve basear-se em amostras representativas da frota da aeronave em análise que se estendem pelo ambiente operacional e pelos agrupamentos etários da aeronave;

- A otimização dos intervalos de manutenção deve basear-se na Gestão de Riscos<sup>22</sup>;
- Os princípios de Gestão da Segurança<sup>23</sup> devem ser utilizados;
- Os modelos estatísticos devem ser aplicados para suportar o processo de otimização dos intervalos de manutenção;
- Num processo de tomada de decisão estatística baseado em dados, a dimensão dos dados é determinada com base no nível de confiança <sup>24</sup>;
- A TAP recolherá dados suficientes que apoiem o nível de confiança esperado. No entanto, o julgamento da engenharia continuará a fazer parte da avaliação;
- A análise estatística deve ser apoiada e validada por um parecer de especialistas da engenharia;
- Informações relacionadas com PIREPS e relatórios de fiabilidade dos componentes devem ser examinados para dar conta das atividades de Manutenção de Linha que possam ser relevantes para a análise que consta neste procedimento;
- A eficácia da tarefa deve ser medida e demonstrada, ou seja, a capacidade de detetar/prevenir defeitos antes da perda de função/integridade estrutural;
- O sistema de análise estatística deve determinar a performance da manutenção programada de sistemas ou estruturas da aeronave, e deve identificar tendências que não estão em conformidade com os parâmetros normais.

Os dados recolhidos e utilizados relativos a este procedimento devem incluir as seguintes informações:

- Idade das Aeronaves (em calendário) na medida em que devem ser escolhidas uma amostra com aeronaves com diferentes idades;
- Representação geográfica ou operacional do ambiente de operação, se adequado;
- Representação operacional por Horas de Voo, Ciclos de voo e calendário;
- Número de intervenções de manutenção realizadas;

---

<sup>22</sup> A Gestão de Riscos é a aplicação sistemática de políticas, procedimentos e práticas de gestão às tarefas de identificação, análise, avaliação, tratamento e monitorização do risco (nota do autor).

<sup>23</sup> A Gestão da Segurança é a aplicação de princípios de engenharia e gestão, critérios e técnicas para otimizar a segurança. É um esforço de engenharia integrado e abrangente (nota do autor).

<sup>24</sup> O nível de confiança refere-se à probabilidade de o desempenho global da frota se situar dentro do intervalo especificado pelo desempenho da amostra da frota. O nível de confiança é geralmente expresso em percentagem. Por exemplo, um nível de confiança de 95% implica que a probabilidade de o parâmetro da frota estar dentro do intervalo de confiança é de 0,95 (nota do autor).

- Número, descrição, data, intervenção de origem das Non Routine realizadas;
- Intervalos das intervenções de manutenção realizadas;
- Intervenções de manutenção de programada que geram *findings*;
- Intervenções de manutenção de programada que não geram *finding*.

Sugere-se a elaboração de um relatório semelhante ao protótipo mostrado no Anexo 5. No Relatório de Estudo das Non Routines deve constar os seguintes:

- Descrição da amostra selecionada assim como a matrícula das aeronaves selecionadas;
- Descrição do período de tempo analisado;
- Estatística geral respetivas às horas de voo e ciclos realizados pela frota em análise no período de tempo analisado;
- Estatística geral de intervenções da manutenção de base;
- Níveis Seis Sigma (relativo ao estudo das NR);
- Estatística geral de anomalias por capítulos ATA 100;
- Estatística de subcapítulos das ATA das anomalias;
- Cartas de Trabalho sem NR geradas (ou seja, intervenções de manutenção em que não são detetadas nenhuma anomalia);
- Conclusões.

Para realizar o pedido de aprovação do escalonamento de tarefas deve ser elaborado um relatório referente à melhoria tipo III descrita na fase Melhorar deste projeto. No Relatório de Escalonamento das Intervenções de Manutenção consta as seguintes:

- Tabela com a evolução dos potenciais pretendidos com as inspeções que se pretende escalar, o intervalo atual aplicado e o intervalo pretendido;
- Informação acerca da amostra selecionada, matrículas das aeronaves selecionadas e entre outros considerandos;
- Representações gráficas relevantes provenientes do RENR com a incidência de *findings* encontrados, distribuição das NR por ATA 100, etc;
- Identificação dos itens CMR\*\* envolvidos no pedido de escalonamento;
- Identificação dos itens CMR\* e AD's envolvidos no pedido de escalonamento;
- Anexo com o parecer técnico dos especialistas da engenharia da TAP M&E;
- Anexo com o parecer técnico do fabricante;
- Anexo com a lista extensiva das Non Routines.

Para além deste procedimento de deteção de oportunidades de melhoria do PMA, é necessário também um método para controlar a quantidade de *findings* que são encontrados depois da alteração/otimização da tarefa de manutenção.

Por exemplo, se o pedido de escalonamento para uma tarefa foi aprovado por essa tarefa não ter gerado nenhuma Non Routine num certo período de tempo, é necessário, depois do intervalo ser alargado, verificar se a tarefa mantém o facto de não se verificar nenhum *finding*. Isto serve para controlar os escalonamentos realizados, assim como para os validar. Isto de modo que se a experiência futura indicar que se deve reduzir a periodicidade, se deve proceder de acordo.

Para tal, deve ser incluído no RENR uma secção relativa ao número de NR associadas às intervenções de manutenção que foram escalonadas pela melhoria tipo III. É sugerido uma tabela com uma coluna referentes às intervenções que receberam aprovação para serem escalonadas e outra coluna com o número de *findings* que essa intervenção detetou no período de tempo analisado. Para obter o número de findings que uma tarefa detetou é necessário verificar as Non Routines que tiveram origem nas *Job Orders* associadas à intervenção de manutenção escalonada.

Pelo facto de as melhorias não terem sido implementadas até ao momento da escrita da dissertação assim como não foi realizado o procedimento da fase Controlar, não é possível validar o método descrito na dissertação. Para validar o método é necessário comprovar os resultados alcançados com a implantação do método. A única validação que se pode obter é a aprovação da empresa do que foi proposto.

## **5.7 Síntese conclusiva**

Neste capítulo foi explicado o trabalho realizado no departamento de Engenharia e Aeronavegabilidade da TAP M&E. O projeto realizado consistiu na aplicação da metodologia Six Sigma e das suas ferramentas de forma a apresentar a respetiva aplicação no setor aeronáutico. As 5 fases do projeto foram aplicadas de modo a fornecer rigor ao projeto.

Na fase Definir foi possível compreender o processo existente com o uso das ferramentas SIPOC, mapa do processo, *Critical to Quality Tree*, etc.. Na fase Medir foram selecionados os dados a serem coletados tendo sido selecionadas as aeronaves, o período de operação e os dados necessários para o projeto. Na fase Analisar foram feitas análises, recolhidos mais dados e retiradas conclusões. Na fase Melhorar foram identificadas possíveis melhorias tendo em conta a viabilidade destas melhorias, tanto a nível económico como a nível de segurança, legislação e recursos existentes.

Na fase Controlar foi elaborado um procedimento de modo a dar continuidade ao projeto e controlar as melhorias realizadas para verificar no futuro se estas foram realizadas de modo acertado. Pretende-se no final deste projeto, que seja elaborado um procedimento de análise das Non Routines de modo a ser incluído no Programa de Controlo da Fiabilidade existente na empresa. Assim como o MRBR é ajustado com base em dados de desempenho e processos de análise, pretende-se que a TAP faça o mesmo com este procedimento de modo que

o programa de fiabilidade da TAP continue a garantir a evolução/otimização contínua dos seus programas de manutenção.

A aplicação da metodologia permite obter uma perspetiva geral da frota analisada quanto às anomalias detetadas pela manutenção e permite também a identificação do nível de eficiência (nível sigma) do PMA, de modo a controlar este nível sempre com o objetivo em aumentá-lo. A metodologia é capaz também identificar as melhorias que permitem aumentar o nível sigma.

# 6 Conclusões e trabalhos futuros

## 6.1 Conclusões

Este estudo de viabilidade desta dissertação demonstrou que a metodologia *Six Sigma* pode e é viável de ser implementada na manutenção aeronáutica e na gestão da aeronavegabilidade, mais especificamente na determinação da eficiência dos programas de manutenção das aeronaves, trazendo benefícios tais como a detecção de oportunidades de redução de custos. É demonstrado também que a metodologia presente nesta dissertação pode ser aplicada tanto a frotas de aeronaves ligeiras, como a frotas de aeronaves a motor complexas, mesmo tendo diferente legislação aplicável.

A metodologia presente nesta dissertação permite identificar variabilidades no número de anomalias detetadas, identificar riscos para a segurança operacional, identificar oportunidades de melhoria do design de componentes das aeronaves, identificar oportunidades de melhoria do PMA e identificar oportunidades de redução de custos associados à manutenção.

Para este estudo de viabilidade foram selecionadas duas empresas com diferentes características (uma com uma frota de aeronaves ligeiras e outra com aeronaves a motor complexas) de modo a verificar se é viável a aplicação da metodologia a qualquer frota de aeronaves. Neste trabalho, foram estudados os procedimentos das duas empresas no que toca à análise da eficiência dos seus PMA, e foram identificadas oportunidades para aprimorar os seus procedimentos, de modo a permitir às empresas, monitorizarem a eficiência dos seus PMA e usufruírem dos benefícios da metodologia presente nesta dissertação.

A aplicação da metodologia presente nesta dissertação na empresa Nortávia permite obter uma perspetiva geral estatística da sua frota quanto às anomalias detetadas pela manutenção e permite também a identificação do nível de eficiência do PMA (usando os níveis seis sigma), de modo a controlar este nível sempre com o objetivo em aumentá-lo. A metodologia permitiu também identificar as causas-primárias das anomalias mais recorrentes de modo a definir as melhorias que permitem aumentar o nível sigma.

A aplicação da metodologia na empresa TAP permitiu obter um procedimento suplementar ao seu programa de fiabilidade de modo a obter uma perspetiva geral das anomalias detetadas na manutenção de base da sua frota. A metodologia tem impacto em termos de recolha de dados e tratamento de informação. Com este procedimento, a TAP pode identificar oportunidades para aumentar a segurança operacional, reduzir os custos de manutenção e aumentar a qualidade para o cliente final.

## 6.2 Trabalhos futuros

No que diz respeito às futuras aplicações da metodologia *Six Sigma* na determinação da eficiência de PMA, é sugerida a integração de análises estatísticas mais complexas às usadas na metodologia desta dissertação (devido à limitação de conhecimento do candidato). Sugere-se a identificação dos componentes críticos para a *safety* e a atribuição de uma métrica numérica para definir o risco associado a uma falha do componente, de modo a entrar no cálculo do nível seis sigma.

É sugerido também a inclusão de ferramentas Six Sigma para a análise do cálculo dos custos do trabalho corretivo das anomalias, tanto a nível de custos de mão de obra como de substituição de componente e outros. Tal permitirá identificar as intervenções de manutenção corretiva mais dispendiosas, pelo que a mitigação das anomalias relacionadas com estas intervenções resultará numa maior redução dos custos de manutenção.

# Referências

- Airbus. (2019). Scheduled Maintenance Programme. Seminar. Airbus Maintenance Programs Engineering.
- ANAC. (2010). CTI 10-03 - Aprovação de Programas de Fiabilidade das Aeronaves. Lisboa.
- ANAC. (2013). *CTI 01-01 - Edição 8*. Lisboa.
- ANAC. (2019a). Lista de Organizações Parte 145. Lisboa, Portugal.
- ANAC. (2019b). Lista de Organizações Parte 145. Lisboa, Portugal.
- ANAC. (2022). *Quem Somos*. Obtido em 27 de julho de 2022, de <https://www.anac.pt/VPT/GENERICO/ANAC/QUEMSOMOS/Paginas/QuemSomos.aspx>
- Arnheiter, E. D., & Maleyeff, J. (2005). The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM Magazine*.
- Auckland International Airport. (2010). *Our plan is coming together*. New Zealand: Airport Review 2010. Auckland International Airport Limited.
- Augustine, B., Bapu, B., Narayanan, K., & Kolanjiappan, S. (2007). Evaluation of Aircraft Maintainability and Aircraft Maintenance. Sathyabama University.
- Basu, R. (2009). *Implementing Six Sigma and Lean: A practical guide to tools and techniques*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Beca. (2012). *Auckland Airport Lean Six Sigma Programme*. Obtido em 27 de julho de 2022, de [https://comcom.govt.nz/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0024/63393/Auckland-Airport-submission-on-AIAL-Draft-Report-Appendix-4-Auckland-Airport-Lean-Six-Sigma-Programme-31-May-2013.PDF](https://comcom.govt.nz/__data/assets/pdf_file/0024/63393/Auckland-Airport-submission-on-AIAL-Draft-Report-Appendix-4-Auckland-Airport-Lean-Six-Sigma-Programme-31-May-2013.PDF)
- Carvalho, H. (2020). *Six Sigma: o que é essa metodologia de qualidade*. Obtido em 27 de julho de 2022, de <https://vidadeproduto.com.br/six-sigma/>
- CE. (2003). Regulamento (CE) n.º 2042/2003 da Comissão de 20 de Novembro de 2003. *Jornal Oficial da União Europeia*.
- Cook, D., & Jordan, L. (2022). The Define Phase for the 6  $\sigma$  Black Belt. The University System of Georgia [Online Course]. Coursera.

- Deepakkumar, D. (2017). Investigation on cycle time reduction in Production and Implementation of an Inventory Model in an Apparel Industry. *International Research Journal of Engineering and Technology*.
- EASA. (2022). *Easy Access Rules for Continuing Airworthiness (Regulation (EU) No 1321/2014)*. Obtido em 27 de julho de 2022, de [https://www.easa.europa.eu/document-library/easy-access-rules/online-publications/easy-access-rules-continuing-airworthiness?page=1#\\_Toc76467636](https://www.easa.europa.eu/document-library/easy-access-rules/online-publications/easy-access-rules-continuing-airworthiness?page=1#_Toc76467636)
- Fonseca, C. R. (2014). Risk Management Program Implementation In Airline Company Maintenance and Engineering.
- Foster, S. (2004). *Managing Quality, An integrative approach (2nd ed.)*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Gartlehner, G., Schultes, M., Titscher, V., Morgan, L. C., Bobashev, G. V., Williams, P., & West, S. L. (2017). User testing of an adaptation of fishbone. *BMC Medical Research Methodology*.
- George, M. L. (2003). *Lean Six Sigma for Service*. NY, USA: McGraw-Hill Companies.
- Ghobbar, A. (2010). Aircraft Maintenance Engineering. Delft University of Technology.
- Goodrich Corporation. (2007). *Goodrich Corporation 2007 Investor Conference*. NY, USA.
- Harry, M., & Schroeder, R. (2005). *Six sigma: The break through management strategy revolutionizing the world's top corporations*. Doubleday.
- Hrúza, M., Pechoa, P., Mariášová, T., & Bugaja, M. (2020). Innovative changes in maintenance strategies of ATO's aircraft. *9th International Conference on Air Transport – INAIR 2020, CHALLENGES OF AVIATION*.
- IBM Travel & Transportation. (2014). *Predictive maintenance benefits for the airline industry*. NY, USA: IBM Sales and Distribution Somers.
- ICAO. (2015). Master Minimum Equipment List/Minimum Equipment List Policy and Procedures Manual.
- ICAO. (2016). *2016–2030 Global Air Navigation Plan*. Obtido em 27 de julho de 2022, de <https://www.icao.int/airnavigation/documents/ganp-2016-interactive.pdf>
- ICAO. (2020). Airworthiness Manual Doc 9760. Fourth Edition. Canada.
- Kinnison, H. A. (2004). *Aviation maintenance management*. McGraw Hill.


- Kolerus, J., & Wassermann, J. (2011). *Condition Monitoring of Machines: The Textbook and Workbook for the Practitioner* .
- Kumar, M. (2007). Critical success factors and hurdles to Six Sigma implementation: The case of a UK manufacturing SME. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*.
- Lianapress. (2013). *Etihad Airways sets new world record*. Obtido em 27 de julho de 2022, de <https://www.lianapress.ae/releases/aerospace/etihad-airways-sets-new-world-record.html>
- Moço, L. (2019). *A Segurança da Aviação Civil em Portugal*. Tese de Mestrado em Direito e Segurança . Faculdade de Direito da Universidade Nova de Lisboa.
- Nagi, K., & Charmonman, S. (2010). Applying Six Sigma techniques to improving the quality of eLearning courseware components- A case study. *International Conference on Management of Innovation and Technology (ICMIT)*.
- Niu, G., & Pecht, M. (2009). A framework for cost-effective and accurate maintenance combining CBM RCM and data fusion.
- Nortávia . (2021a). M.O.M. & M.G.C.A. Edição n.º5. Maia, Portugal.
- Nortávia. (2021b). A.M.P. Cessna 152. NOR-PMA-08. Edição 4. Revisão 1. Maia, Portugal.
- Nortávia. (2022). *Uma formação de excelência para tornar o teu sonho realidade*. Obtido em 27 de julho de 2022, de <https://www.nortavia.com/pt/>
- Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Companies Are Honing Their Performance*. NY: McGraw-Hill.
- Papakostas, N., Papachatzakis, P., Xanthakis, V., Mourtzis, D., & Chryssolouris, G. (2010). An approach to operational aircraft maintenance planning. *Decision Support Systems*, 604-612.
- Parra, R., & Júnior, J. (2018). Predictive & Detective Maintenance: Effective Tools in the Management of Aeronautical Products. *31st Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences. FUMEC University. Brasil*.
- Pitts, G. (2003). *Air Canada hopes system spawns savings*. Obtido em 27 de julho de 2022, de The Globe and Mail: <https://www.theglobeandmail.com/report-on-business/air-canada-hopes-system-spawns-savings/article1018358/>
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2014). *Six sigma handbook*. USA: McGraw-Hill Education.

- Pzydek, T. (2019). *Kenya Companies Use Lean Six Sigma to Find Buried Treasure*. Obtido em 27 de julho de 2022, de Pzydek Institute: <https://www.pyzdekoinstitute.com/blog/news-blog/kenya-companies-use-lean-six-sigma-to-find-buried-treasure.html>
- Kent, R. (2016). *Quality Management in Plastics Processing. Chapter 7 - Tools for quality management and improvement*. Elsevier.
- Rasis, D., Gitlow, H. S., & Popovich, E. (2002). Paper organizers international: A fictitious Six Sigma Green Belt case study. *Quality Engineering*.
- Razzaghi, M. R. (2019). *Understanding process sigma level*. Obtido em 27 de julho de 2022, de <https://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/sigma-level/understanding-process-sigma-level/>
- Ren, H., Chen, X., & Chen, Y. (2017). *Reliability Based Aircraft Maintenance Optimization and Applications*. Shanghai Jiao Tong University Press.
- Sahay, A. (2012). *An overview of aircraft maintenance. Leveraging information technology for optimal aircraft maintenance, repair and overhaul (MRO)*. Cambridge: Woodhead Publishing.
- Silva, F. R., Aguiar, M. A., & Kovács, Z. L. (2005). *Um estudo de caso genérico de diagnóstico preditivo para sistemas complexos*. São José dos Campos/SP : Departamento de Sistemas Eletrônicos, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- Smith, R., & Mobley, R. K. (2008). *Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers*. Butterworth-Heinemann.
- Stadnicka, D., Arkhipov, D., Battaia, O., & e Ratnayake, C. (2017). Skills management in the optimization of aircraft maintenance processes. *IFAC-PapersOnLine*.
- Standard, C., & Davis, D. (1999). *Running Today's Factory*. Cincinnati: Hanser Gardner Publication.
- Steinbrunner, D. (2005). The happy marriage of push and pull. *Industrial Management*.
- Stern, T. V. (2016). *Lean Six Sigma International Standards and Global Guidelines*. CRC Press.
- Streamlining Aviation Solutions. (2021). *EASA PART-CAMO [Online Course]*. Obtido em 27 de julho de 2022, de <https://streamlining.solutions/product/part-camo-training-b/>
- TAP Air Portugal. (2022a). *A TAP em números*. Obtido em 27 de julho de 2022, de <https://www.tapairportugal.com/pt/sobre-nos/tap-em-numeros>

- TAP Air Portugal. (2022b). *TAP considerada pela Airline Ratings a primeira companhia mais segura da Europa e a quinta do mundo*. Obtido em 27 de julho de 2022, de <https://www.tapairportugal.com/pt/media/comunicados-de-imprensa/Press-Release-892>
- TAP Air Portugal. (2022c). *Estrutura Organizacional TAP*.
- TAP Air Portugal. (2022d). *Sobre nós*. Obtido em 27 de julho de 2022, de <https://www.tapairportugal.com/pt/sobre-nos>
- TAP Manutenção e Engenharia. (2014). *Manual de Fiabilidade*. ME-025. Revisão n. 08. Lisboa, Portugal.
- TAP Manutenção e Engenharia. (2021). *Programa de Manutenção Avião A321N*. TAP ME-178 Rev. 16-03-2021. Lisboa, Portugal.
- TAP Manutenção e Engenharia. (2022). *Our Services*. Obtido em 27 de julho de 2022, de <https://www.tapme.pt/en/our-services>
- TAP Manutenção e Engenharia. (2022). *Welcome to TAP M&E*. Obtido em 27 de julho de 2022, de <https://www.tapme.pt/en/about-us>
- The Council for Six Sigma Certification. (2018). *Lean Six Sigma Black Belt Certification. Training Manual*. USA: The Council for Six Sigma Certification.
- TOCPA. (2016). *Using Theory of Constraints, Lean & Six Sigma (TOC-LSS) within Delta Air Lines Operations*. Obtido em 27 de julho de 2022, de Theory of Constraints Practitioners Alliance: <https://tocpractice.com/ipapers/2016/04/25/using-theory-of-constraints-lean-six-sigma-toc-lss-within-delta-air-lines-operations/>
- UE. (2019). *Regulamento de Execução (UE) 2019/1383 da Comissão de 8 de julho de 2019*. *Jornal Oficial da União Europeia*.
- Vivekananthamoorthy, N., & Sankar, S. (2011). *Lean Six Sigma*. KCG College of Technology.
- Werkema, M. C. (2002). *Criando a cultura seis sigma*. (Vol. 1, Série Seis Sigma). Rio de Janeiro: Qualitymark.



## Anexo 2 - NOR-FORM-8.1.70

	<b>RELATÓRIO DE ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DE PROGRAMAS DE MANUTENÇÃO</b>		
	Doc. Ref.: NTE-M39		
Referência PMA	Nº de Edição	Nº Revisão	/ / Data

<b>Descrição Dos Itens Analisados:</b>	
<input type="checkbox"/>	Reportes de ocorrências dos pilotos
<input type="checkbox"/>	Voos cancelados
<input type="checkbox"/>	Consumo de sobresselentes
<input type="checkbox"/>	Incidência de ocorrências técnicas e anomalias
<input type="checkbox"/>	Atrasos técnicos
<input type="checkbox"/>	Incidentes técnicos
<input type="checkbox"/>	Auditorias a aeronaves
<input type="checkbox"/>	Documentação dos fabricantes
<input type="checkbox"/>	Documentação emitida pelas Autoridades Aeronáuticas
<input type="checkbox"/>	Outros:k
<b>Observações/Comentários:</b>	
<b>Data:</b>	/ /
<b>Assinatura:</b>	

## **Anexo 3 – Project Charter NOR6S**

# **PROJECT CHARTER for NOR6S**

Aircraft Maintenance Programme efficiency analysis based on  
Unscheduled Maintenance Work

---

**Prepared for  
Nortávia**

Prepared By  
José Medeiros

## Contents

<b>Executive Summary</b> .....	2
<b>Project Purpose</b> .....	2
Business Objectives .....	2
<b>Project Details</b> .....	2
Requirements .....	2
Scope Statement .....	2
Estimated Schedule .....	3
Estimated Budget .....	3
Human Resource Requirements .....	3
Risks .....	3
Define Project Success .....	3

28/03/2022

1

Project Charter

## ESTIMATED SCHEDULE

Provide high-level schedule information.

Project Milestones and/or Phases	Estimated Completion Date
Start of Project	15/02/2022
Define Phase	28/02/2022
Measure Phase	30/03/2022
Analyze Phase	30/04/2022
Improve Phase	15/05/2022
Control Phase	30/05/2022
End of Project	15/06/2022

## ESTIMATED BUDGET

Since this is a work carried out in the context of a master's thesis, the only costs of this project will be the costs inherent to a Curricular Internship.

## HUMAN RESOURCE REQUIREMENTS

Since this is a work carried out in the context of a master's thesis, this project was carried out autonomously by the student/intern. Also needed were Engineers knowledgeable of the project areas or activities, also known as subject matter experts or SMEs.

## RISKS

Project risks involve incomplete data as well as an incorrect analysis of these. To mitigate an incorrect analysis of the data collected, the project will be closely monitored by a team of experts in the area under study, such as engineers from the Department of Airworthiness and Engineering.

## DEFINE PROJECT SUCCESS

The specific measurable objectives that the project must achieve to be considered successful are to detect problems as well as solving them. It is also intended to create a procedure to control these same problems and causes of anomalies and failures in the quality of the service provided by the company in question.

## **Anexo 4 – Project Charter for TAP6S**

### **PROJECT CHARTER for TAP6S**

Aircraft Maintenance Programme efficiency analysis based on Non  
Routine Work – *A320 fleet*

---

**Prepared for**  
**TAP Maintenance & Engineering**

Prepared By  
José Medeiros

## Contents

<b>Executive Summary</b> .....	2
<b>Project Purpose</b> .....	2
Business Objectives .....	2
<b>Project Details</b> .....	2
Requirements .....	2
Scope Statement.....	2
Estimated Schedule .....	3
Estimated Budget.....	3
Human Resource Requirements .....	3
Risks .....	3
Define Project Success.....	3

28/03/2022

1

Project Charter

## EXECUTIVE SUMMARY

The project consists of analyzing the efficiency of an Aircraft Maintenance Programme of a fleet of 6 Airbus A320 aircraft. The data analyzed are referencing to unscheduled maintenance and the anomalies found in the base maintenance tasks of the aircraft.

## PROJECT PURPOSE

The purpose of the project is to identify the variability of anomalies in the fleet of aircraft under study to perform corrective actions to reduce risks associated to safety, reduce costs of maintenance, and increase the quality of service provided by the company.

## BUSINESS OBJECTIVES

The main objectives of this project are:

- Develop a procedure that reveals problems related to the aircraft under study or their operation;
- Develop a process that assists the existing Reliability Program in the process of analyzing the efficiency of a Aircraft Maintenance Program;
- Detect and mitigate possible risks to increase operational safety;
- Reduce direct costs related to maintenance as well as indirect costs related to end customer satisfaction;
- Increase the quality of service provided by the company;
- Reduce process variability in terms of anomalies found in the fleet of the aircraft.

## PROJECT DETAILS

The project consists of 5 phases. The Define phase will define the problem as well as what can be improved. In the Measure phase, data will be collected. In the Analyse phase, data will be analysed and conclusions drawn. In the Improve phase, decisions will be made to improve the process. In the last phase, the Control phase, the procedure for collecting data and controlling the process will be shown.

## REQUIREMENTS

The requirements for this project will be:

- Data of all maintenance actions performed on 6 aircraft of the model A320 in 4 years;
- Information material relating to the company in question and the aircraft in question;
- A team of experts to fill in knowledge gaps and provide project support;

## SCOPE STATEMENT

This project is encompassed in the airworthiness and engineering area of the company TAP M&E. This department has a duty to maintain the aircraft gavel and perform other engineering-related tasks.

## ESTIMATED SCHEDULE

Provide high-level schedule information.

Project Milestones and/or Phases	Estimated Completion Date
Start of Project	15/02/2022
Define Phase	28/02/2022
Measure Phase	30/03/2022
Analyze Phase	30/04/2022
Improve Phase	15/05/2022
Control Phase	30/05/2022
End of Project	15/06/2022

## ESTIMATED BUDGET

Since this is a work carried out in the context of a master's thesis, the only costs of this project will be the costs inherent to a Curricular Internship.

## HUMAN RESOURCE REQUIREMENTS

Since this is a work carried out in the context of a master's thesis, this project was carried out autonomously by the student/intern. Also needed were Engineers knowledgeable of the project areas or activities, also known as subject matter experts or SMEs.

## RISKS

Project risks involve incomplete data as well as an incorrect analysis of these. To mitigate an incorrect analysis of the data collected, the project will be closely monitored by a team of experts in the area under study, such as engineers from the Department of Airworthiness and Engineering.

## DEFINE PROJECT SUCCESS

The specific measurable objectives that the project must achieve to be considered successful are to detect problems as well as solving them. It is also intended to create a procedure to control these same problems and causes of anomalies and failures in the quality of the service provided by the company in question.

# **Anexo 5 – Relatório Quadrienal do Estudo das NR (protótipo)**



## **Airbus A320-200**

### **RELATÓRIO QUADRIENAL DO ESTUDO DAS NON ROUTINES**

**2016-2019**

TAP MANUTENÇÃO E ENGENHARIA  
ENGENHARIA & AERONAVEGABILIDADE | NARROW BODY

## Conteúdo

Introdução.....	3
Conceitos e Generalidades.....	4
Estatística Geral FH/CY.....	5
Estatística Geral de Intervenções de Manutenção de Base.....	9
Níveis Seis Sigma.....	15
Estatística Geral de Anomalias por ATA 100.....	17
Estatística Geral das SUBATA das ATA das Anomalias.....	23
Cartas de trabalho com mais Non Routines geradas.....	28
Cartas de trabalho sem Non Routines geradas.....	29
Conclusões.....	32
Anexo 1 – Job Orders com mais Non Routines.....	33
Anexo 2 – Algumas NR de ATA 25-50.....	34
Anexo 3 – Algumas NR de ATA 52-11.....	35

## Introdução

Este relatório enquadra-se num Estágio Curricular no âmbito da realização da Dissertação de Mestrado com o título “Estudo de viabilidade de aplicação da metodologia 6 Sigma na determinação da eficiência de Programa de Manutenção de Aeronaves”.

Para este relatório foram usados apenas dados referentes às intervenções de manutenção de base. Os dados referentes às intervenções de manutenção de linha assim como as anomalias encontradas pela tripulação em operação são já analisados no Programa de Controlo de Fiabilidade da TAP.

O estudo realizado é referente a uma amostra de 6 aeronaves da frota A320 (AERONAVE #1, AERONAVE #2, AERONAVE #3, AERONAVE #4, AERONAVE #6, AERONAVE #5).

Neste relatório são analisadas as intervenções de manutenção que geraram mais Non Routines assim como as intervenções de manutenção que não geraram Non Routines.

## Conceitos e Generalidades

Ciclo de voo - significa o funcionamento de um motor a partir do momento em que uma aeronave sai do chão até que toque no chão no final de um voo, ou seja, um ciclo de voo significa uma decolagem e uma aterragem

ATA 100 – sistema de numeração padrão de referência comum para a documentação de aviação comercial publicado pela Air Transport Association. Através dos capítulos ATA diferentes sistemas e procedimentos são detalhados e divididos em categorias.

DNS – Deficiência Não Solucionada

DPMO – Defeitos Por Milhão de Oportunidades

CMR - Certification Maintenance Requirements

EA – *Engineering Authorization*

EO – *Engineering Orders*

Anomalia – ocorrência de uma condição pela qual a operação de um item fica fora dos limites especificados

HIL – *Hold Item List*

Horas de Voo - são definidas como o período de tempo entre "quando uma aeronave se move por conta própria para fins de voo e quando a aeronave pára após a aterragem"

NR – *Non Routine*

RQEN – Relatório Quadrienal do Estudo das Non routines

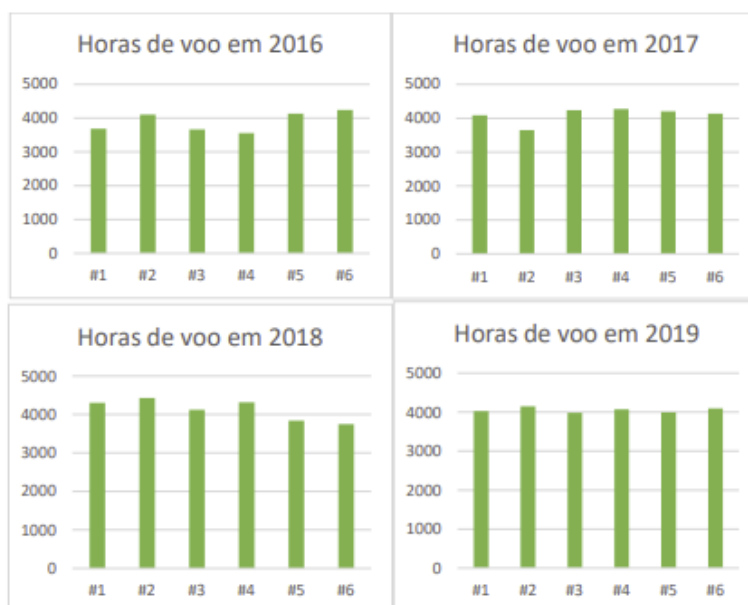
RTR – Relatório de Trabalho Realizado

SUBATA – subcapítulos do código ATA 100

Walkaround – inspeção visual geral à volta da aeronave

## Estatística Geral FH/CY

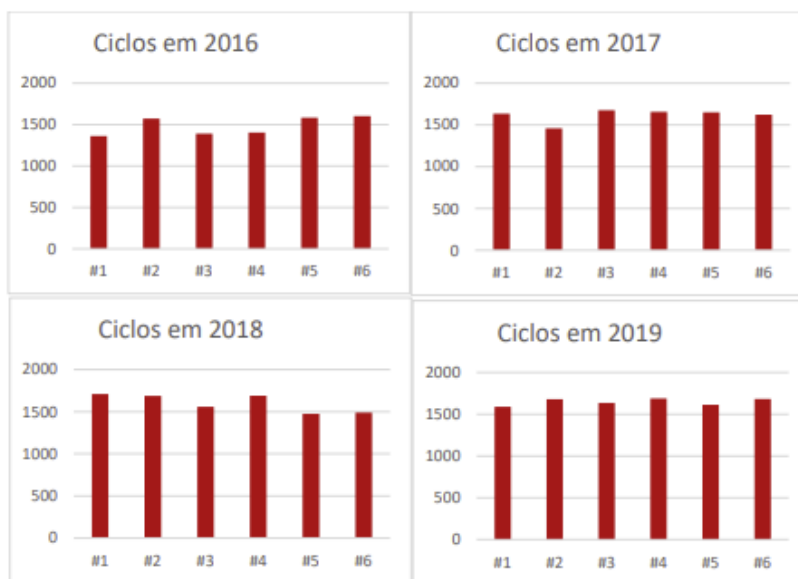
Esta parte do relatório é referente à análise das horas de voo e ciclos realizados pelas aeronaves selecionadas entre 2016 e 2019. Esta análise serve apenas para auxiliar as análises seguintes de modo a permitir explicar variâncias causadas pela diferença de horas de voo ou de ciclos.



Pelos gráficos acima é notório que entre 2016 e 2019 o avião que mais voou foi a AERONAVE #2 tendo voado cerca de mais 2% de horas comparativamente com a AERONAVE #3 que foi o que voou menos horas.

Destaca-se que em 2017 a AERONAVE #2 voou cerca de menos 16% que o resto das aeronaves selecionadas.

Em 2018 destacam-se as AERONAVE #5 e AERONAVE #6 que voaram poucas horas de voo comparativamente aos outros aviões, cerca de menos 12% de horas de voo.



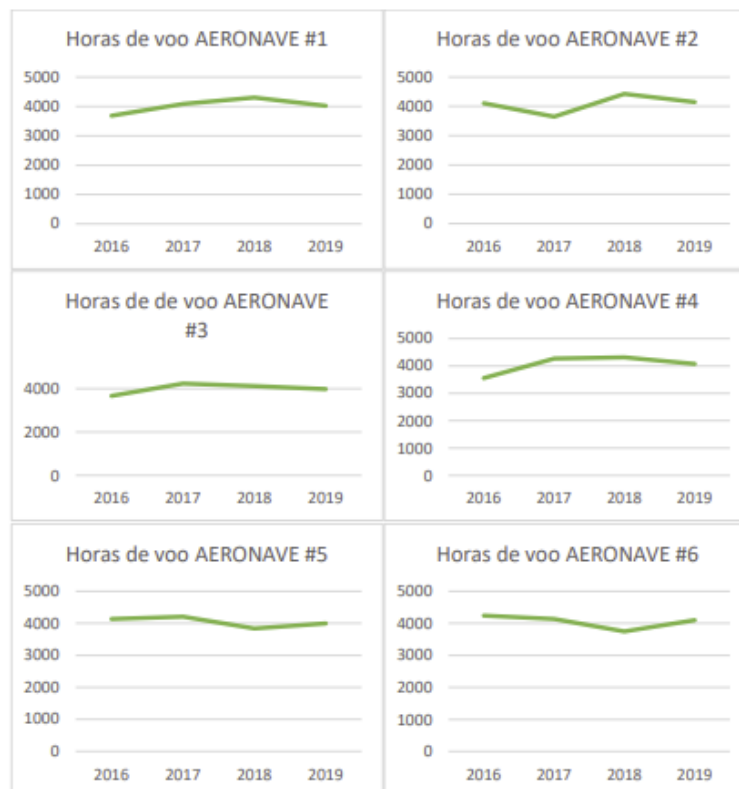
É notório que entre 2016 e 2019 o avião que mais ciclos fez foi a AERONAVE #4 tendo feito cerca de mais 3% de ciclos comparativamente com a AERONAVE #3 que foi o que menos ciclos fez (assim como menos horas de voo).

Destaca-se que em 2017 a AERONAVE #2 fez menos 13% de ciclos que o resto das aeronaves selecionadas (tendo este avião voado menos 16% de horas que o resto das aeronaves).

Em 2018 destacam-se as AERONAVE #5 e AERONAVE #6 fizeram poucos ciclos de voo comparativamente aos outros aviões, assim como também foram os que voaram menos horas nesse ano.

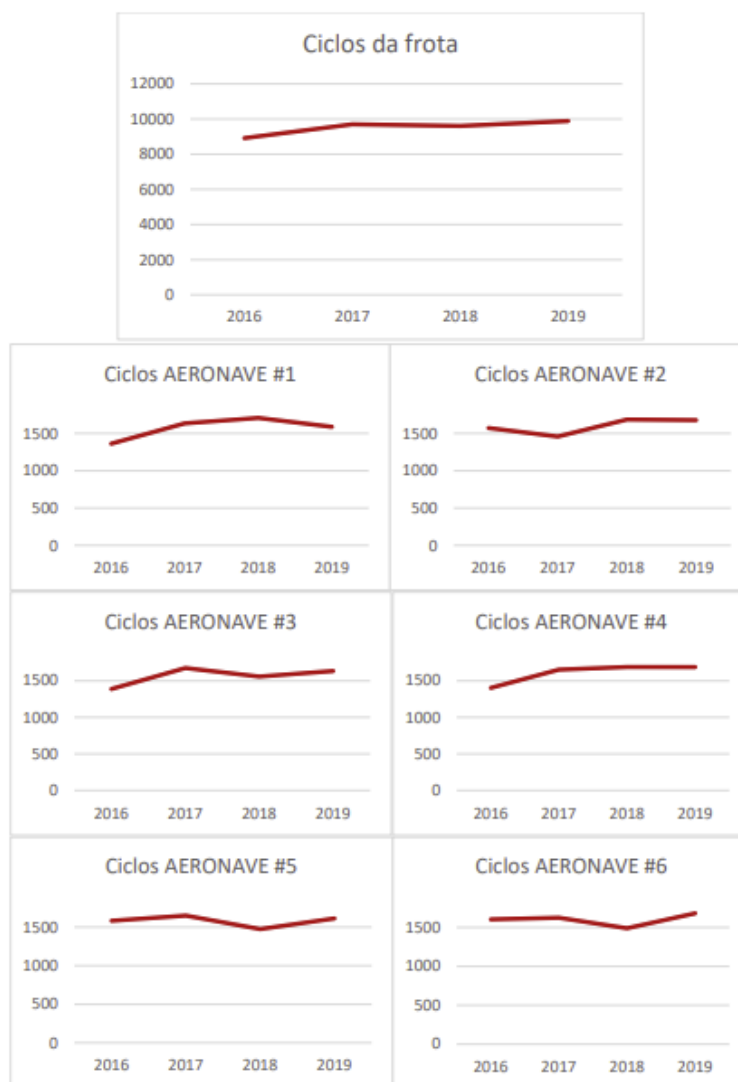
Podemos ver que a relação Horas de Voo/Ciclos de Voo é semelhante em todas as 6 aeronaves, mas podemos constatar que umas voaram mais horas e fizeram mais ciclos que outras em anos específicos.

Abaixo encontra-se o estudo feito às horas de voo e ciclos realizados entre 2016 e 2019 por aeronave.



Podemos notar que houve um aumento de horas de voo da frota entre 2016 e 2018 e um ligeiro declínio entre 2018 e 2019. As AERONAVE #1 e AERONAVE #4 acompanharam esta

tendência. Já as AERONAVE #5 e AERONAVE #6 tiveram um ligeiro declínio em 2018. Como já foi visto, a AERONAVE #2 teve um declínio no que toca a horas de voo em 2017.



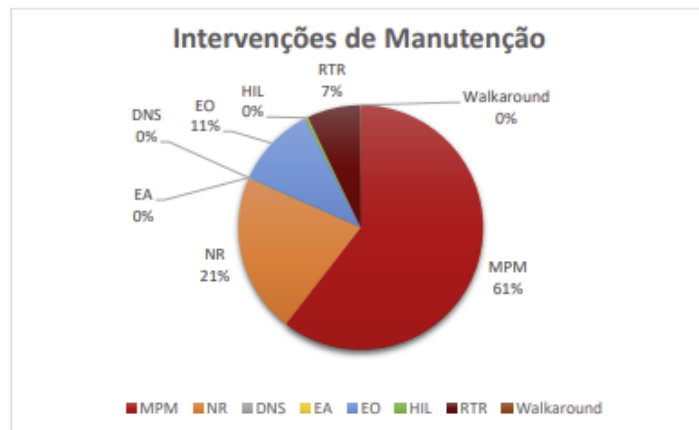
Podemos notar que houve um aumento de ciclos de voo da frota entre 2016 e 2019, apenas com um ligeiro declínio em 2018. As AERONAVE #5, AERONAVE #6 e AERONAVE #3 tiveram um declínio de ciclos de voo em 2018. Como já foi visto, a AERONAVE #2 teve um declínio no que toca a ciclos de voo em 2017, assim como nas horas de voo.

## Estatística Geral de Intervenções de Manutenção de Base

Nesta parte do relatório são analisadas as intervenções de manutenção de base. Com esta análise pretende-se identificar a proporção de intervenções de manutenção não programada em relação às intervenções de manutenção programada.

Do software interno da TAP "SPACE" foram exportadas para o software Excel todas as 60170 intervenções de manutenção de base realizadas entre 2016 e 2019 às 6 aeronaves seleccionadas. Posteriormente foi feito um estudo do tipo de intervenções de manutenção realizadas.

Na figura abaixo podemos verificar as percentagens de intervenções de manutenção. Cerca de 61% são referentes a manutenção programada proveniente de Cartas de Trabalho com um código MPM associado. A segunda maior parcela é referente às NR. A terceira maior parcela é referente às Ordens de Engenharia. A quarta maior intervenção de manutenção é referente aos RTR. As restantes intervenções que representam menos de 1% são as DNS, HIL, EA e Walkaround.

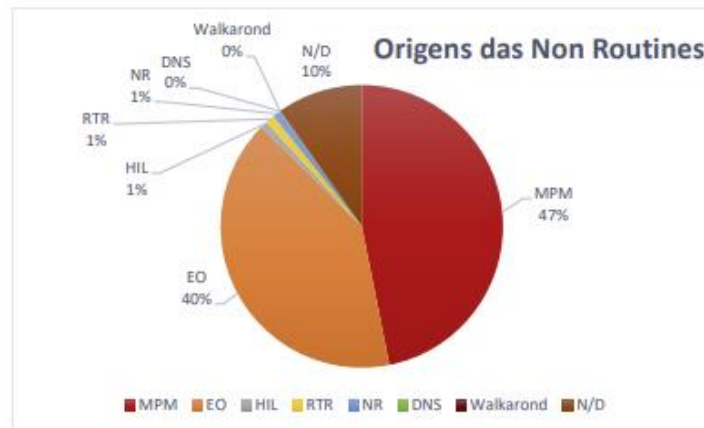


As NR são geradas quando é encontrada uma anomalia ao realizar uma tarefa de manutenção de base, pelo que cada NR tem uma Carta de Trabalho de origem.

Como foi de prever, a maioria das NR têm origem na sua maioria a intervenções de manutenção programada referentes ao MPM. Como podemos ver na figura abaixo, umas grandes percentagens de NR têm origem em EO.

Uma percentagem significativa de NRs têm origem não definida devido ao facto de a anomalia ter sido encontrada quando não se estava a realizar nenhuma tarefa de manutenção ou por a anomalia ser num local ou sistema diferente do local ou sistema referente à tarefa de manutenção realizada no momento.

Pode-se também verificar que algumas NR tiveram origem em outras NR, em RTR, DNS, HIL ou Walkaround, explicado pelo facto de nestas intervenções de manutenção (embora algumas de carácter não programado) terem sido detetadas anomalias.

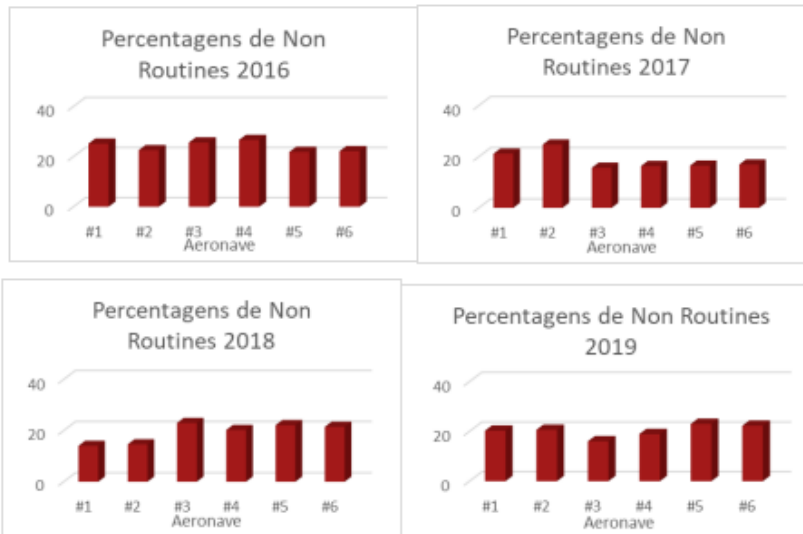


Posteriormente foi feita uma análise à percentagem de NR em relação a todas as intervenções de manutenção realizadas em cada aeronave por ano assim como em cada ano por aeronave.

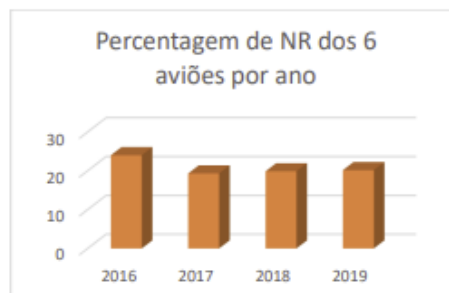
$$\%Non\ Routines = \frac{N^{\circ}\ de\ Non\ Routines\ num\ período\ de\ tempo\ definido}{N^{\circ}\ de\ intervenções\ de\ manutenção\ num\ período\ de\ tempo\ definido}$$

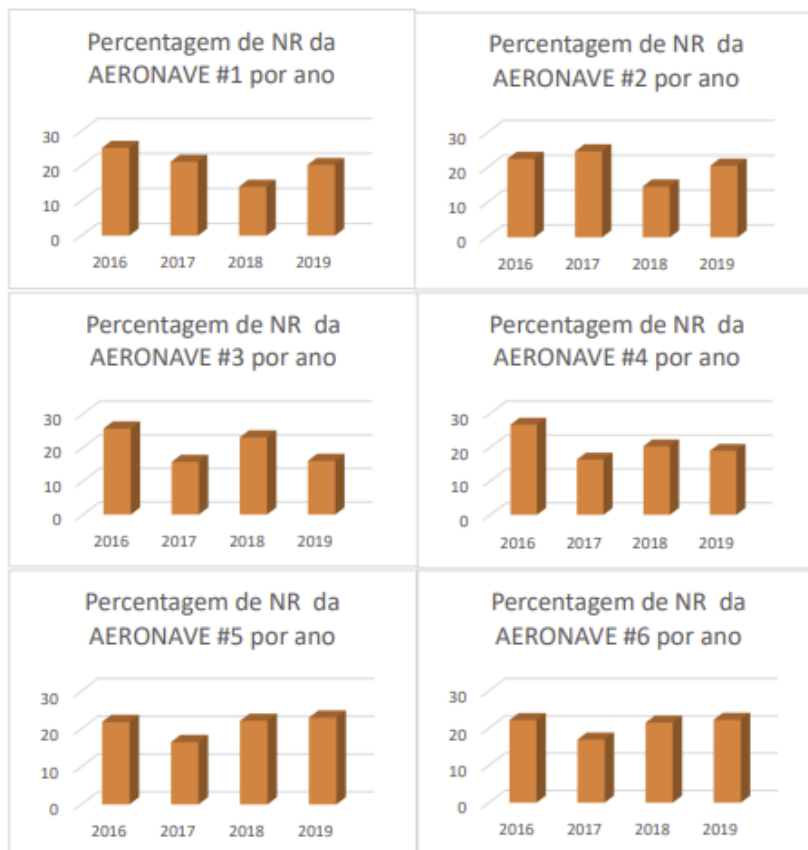
É de notar que a percentagem de NR variou entre 14% e 25%, ou seja, entre 14 a 25% das intervenções de manutenção realizadas entre 2016 e 2019 às 6 aeronaves foram Non Routines.





É notório que em 2017 as AERONAVE #1 e AERONAVE #2 tiveram uma maior percentagem de NR, e em 2018 foram as aeronaves com menor percentagem e NR.





É notório que em 2016 houve uma maior percentagem de NR comparativamente com os outros anos. É notório também que em 2017 as AERONAVE #3, AERONAVE #4, AERONAVE #6 e AERONAVE #5 tiveram menos percentagem de NR comparativamente aos outros anos.

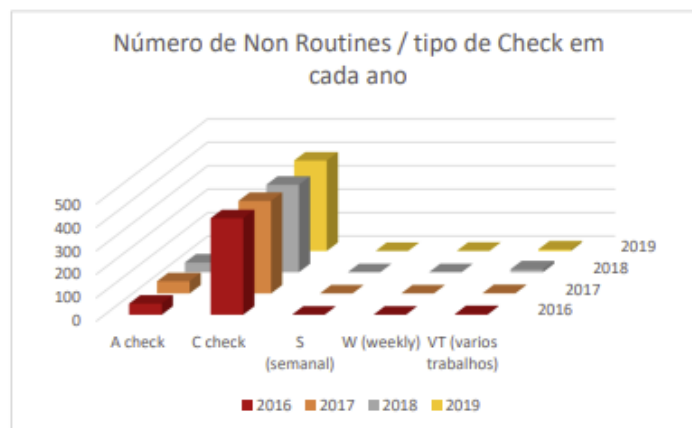
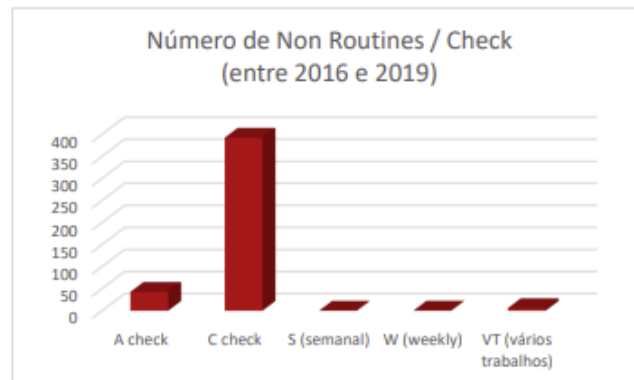
Este estudo mede a percentagem de Non Routines em relação a todas as intervenções de manutenção realizadas. Antes de tirar conclusões precipitadas é necessário ter em atenção o tipo de intervenções realizadas nos diferentes anos e verificar se as intervenções de manutenção foram semelhantes.

É notória uma tendência comum às 6 aeronaves, existe sempre ano isolado que contém menos percentagem de Non Routines. Foi feito um estudo de correlação quando ao tipo de manutenção realizada.

Existem 2 principais tipos de manutenção de base no que toca a periodicidade, as *A check* e as *C check*. É possível observar que cada uma das aeronaves teve entre 20 e 23 *A checks* entre 2016 e 2019. É possível observar que cada uma das aeronaves realizou 3 *C checks* entre 2016 e 2019, pelo que houve sempre um ano em que não se verificou nenhuma *C check*. O ano

em que não foi realizada uma *C check* coincide com o ano em que cada uma das aeronaves teve a percentagem de Non Routines mais baixa. Para confirmar esta correlação foi feito um estudo para verificar o número de Non Routines geradas em *C checks* e em *A checks*. É notório que as *C checks* criam muitas mais Non Routines por cada vez que é executada.

As *A checks* são realizadas a cada 750 horas de voo ou a cada 350 ciclos ou a cada 4 meses. As *C checks* são realizadas a cada 12000 horas de voo ou a cada 8000 ciclos ou a cada 36 meses. No caso da frota a análise, o intervalo rege-se pelas horas de voo devido a ser o primeiro intervalo a ser alcançado. Geralmente uma *A check* é realizada a cada 1,5/2 meses (que correspondem a cerca de 750 horas de voo segundo a experiência de operação da frota) e uma *C check* é realizada a cada 15/17 meses (que correspondem a cerca de 12000 horas de voo segundo a experiência de operação da frota).



Podemos verificar nos gráficos acima que cada *C check* gera cerca de 400 Non Routines por cada vez que é executada, enquanto cada *A check* gera cerca de 40 Non Routines por cada vez que é executada.

		C checks				
		Ano				Em 4 anos
		2016	2017	2018	2019	
Aeronave	AERONAVE #1	1	1	0	1	3
	AERONAVE #2	1	1	0	1	3
	AERONAVE #3	1	0	1	1	3
	AERONAVE #4	1	0	1	1	3
	AERONAVE #5	1	0	1	1	3
	AERONAVE #6	1	0	1	1	3
Frota		6	2	4	6	18

Na tabela acima ver as *C checks* que foram realizadas na frota e estudo entre 2016 e 2019, podemos verificar que em todos os aviões foram realizadas 3 *C checks* entre 2016 e 2019, em que em cada uma das aeronaves houve um ano em que não foi realizada nenhuma *C check*. Os anos em que isto aconteceu correspondem aos períodos de tempo em que as percentagens de Non Routines (em relação a todas as intervenções de manutenção) foram mais baixas, pelo que a variabilidade de Non Routines por aeronave por ano é causada principalmente pela realização ou não realização de *C checks*. A correlação entre nº de *C checks* realizadas e o nº de Non Routines geradas é evidente.

## Níveis Seis Sigma

Tendo sido feito o estudo de anomalias por intervenção de manutenção, nesta parte do relatório é feito o estudo das anomalias por horas de voo. Para tal foram usada a métrica “nível seis sigma”.

Os níveis Seis Sigma de cada aeronave em cada ano foram medidos com base no termo DPMO (Defeitos Por Milhão de Oportunidades). Neste estudo os defeitos correspondem às anomalias encontradas em manutenção de base, ou seja, as NR. Foi definida a oportunidade como horas de voo.

Portanto a métrica utilizada para definir o nível Seis Sigma foi o número de anomalias encontradas na manutenção de base por hora de voo, ou seja, n.º *Non Routines*/Hora de Voo.

$$DPMO = \frac{N^{\circ} \text{ de Non Routines num período de tempo}}{N^{\circ} \text{ de horas de voo num período de tempo}} * 1000000$$

A tabela seguinte corresponde aos níveis Seis Sigma obtidos para cada aeronave e para cada ano.

		Nível Seis Sigma						Frota
		Aeronave						
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	
Ano	2016	2.418783	2.560348	2.328447	2.342626	2.541584	2.582165	2.464089
	2017	2.573943	2.321245	2.912482	2.949826	3.022386	2.921066	2.767152
	2018	3.055125	3.061675	2.524178	2.64041	2.489203	2.511628	2.689015
	2019	2.612236	2.60334	2.745472	2.613284	2.494828	2.592148	2.607137
Todos os anos		2.644672	2.60693	2.615505	2.618966	2.614917	2.64067	2.623477

É notório que o nível seis sigma é ligeiramente mais alto nas AERONAVE #1 e AERONAVE #6 entre 2016 e 2019. Pode-se notar uma diferença significativa nos níveis seis sigma entre o ano de 2016 e o ano de 2017, passando de um nível seis sigma 2.46 para 2.77.

Os níveis seis sigma superiores ao nível seis sigma 3 correspondem às aeronave:

- AERONAVE #1 no ano de 2018
- AERONAVE #2 no ano de 2018
- AERONAVE #5 no ano de 2017

Os níveis seis sigma inferiores ao nível seis sigma 2,5 correspondem às aeronave:

- AERONAVE #1 no ano de 2016
- AERONAVE #2 no ano de 2017
- AERONAVE #5 no ano de 2018
- AERONAVE #3 no ano de 2016
- AERONAVE #4 no ano de 2016

Fazendo um estudo de correlação com a dispersão de *C checks* ao longo dos anos podemos justificar alguns valores acima, tais como os referentes a um nível superior a 3 sigma, na medida em que correspondem a casos em que não foram realizadas *C checks*. Na tabela acima, os casos a sublinhado correspondem aos casos em que não foram realizadas *C checks*.

Para os casos em que o nível sigma é inferior a 2,5 foi feito um estudo de correlação para verificar se os níveis baixos são causados pelo alto número de *A checks*. Tal não se verificou. A tabela abaixo mostra o nº de *A checks* realizadas em cada aeronave em cada ano. Podemos notar que por exemplo, em 2016, a AERONAVE #1 foi submetida a apenas 4 *A checks* e obteve um nível seis sigma inferior a 2,5. Não há correlação entre o número de *A checks* e o nível sigma, pelo que é necessário estudar a causa da variabilidade de nível sigma. Depois do estudo de correlação no nível sigma com a análise das horas de voo da frota foi notório que alguns casos em que o nível sigma foi abaixo de 2,5 são explicados pelo baixo número de horas de voo quando comparados aos outros casos. Tal faz sentido visto que o nível sigma é medido com base nas anomalias encontradas por hora de voo. Portanto, se uma aeronave realizou menos horas de voo e realizou um número de tarefas semelhantes, é normal que o nível sigma seja mais baixo visto que foi encontrado um número semelhante de anomalia num período com menos horas de voo.

		A checks				
		Ano				Em 4 anos
		2016	2017	2018	2019	
Aeronave	AERONAVE #1	4	5	6	5	20
	AERONAVE #2	5	5	6	5	21
	AERONAVE #3	6	6	5	6	23
	AERONAVE #4	5	6	5	6	22
	AERONAVE #5	6	5	6	5	22
	AERONAVE #6	5	6	5	5	21
Frota		31	33	33	32	129

Pelo estudo do nível sigma podemos concluir que não houve nenhuma variabilidade significativa que não estivesse relacionada com a quantidade de *C checks* efetuadas nem com as horas de voo voadas.

## Estatística Geral de Anomalias por ATA 100

De seguida foi feita uma análise à identificação das NR no que toca à ATA de cada NR. Para tal foi essencial identificar a origem das NR.

Para as NR com origem em Cartas de Trabalho com um código MPM associado, foram retirados os primeiros 2 dígitos deste mesmo código por serem referentes ao código ATA 100.

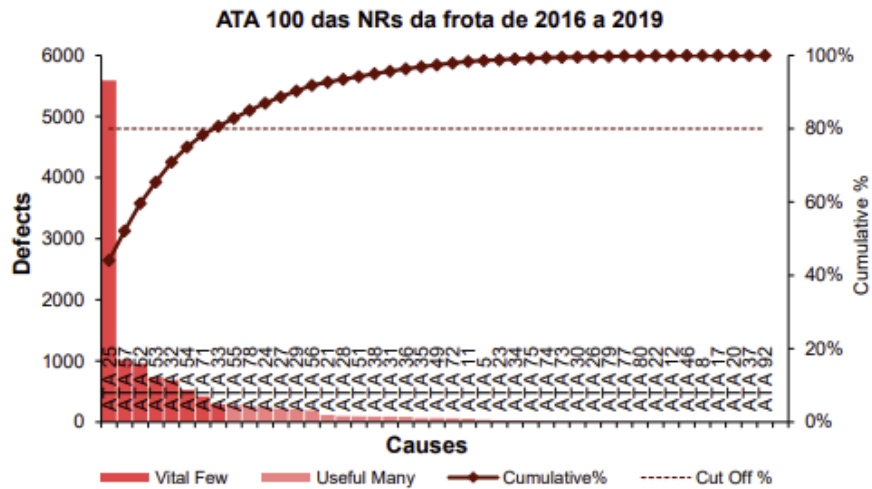
Para as NR com origem em EO foram retirados 2 primeiros dígitos da EO por serem referentes à ATA.

Para o resto das NR (com origem não definida assim como as com origem em HIL, NR, RTR, DNS ou *Walkaround*), a ATA correspondente teve de ser identificada manualmente.

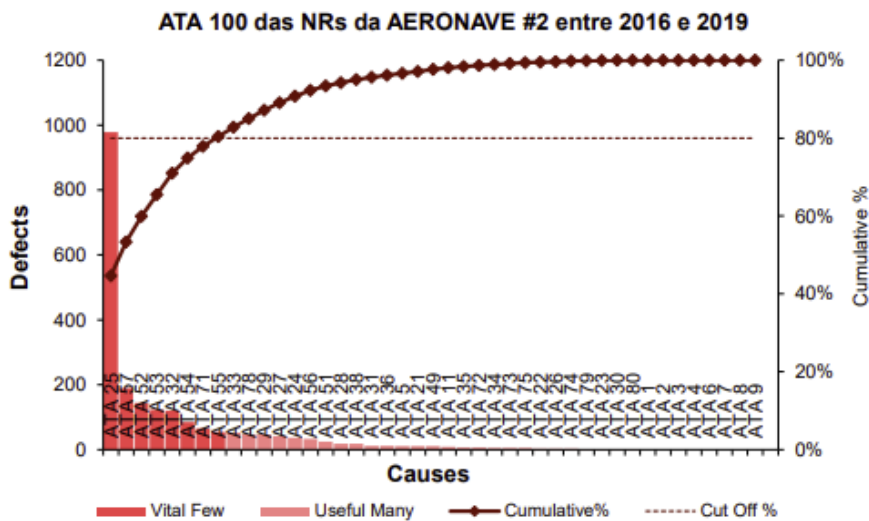
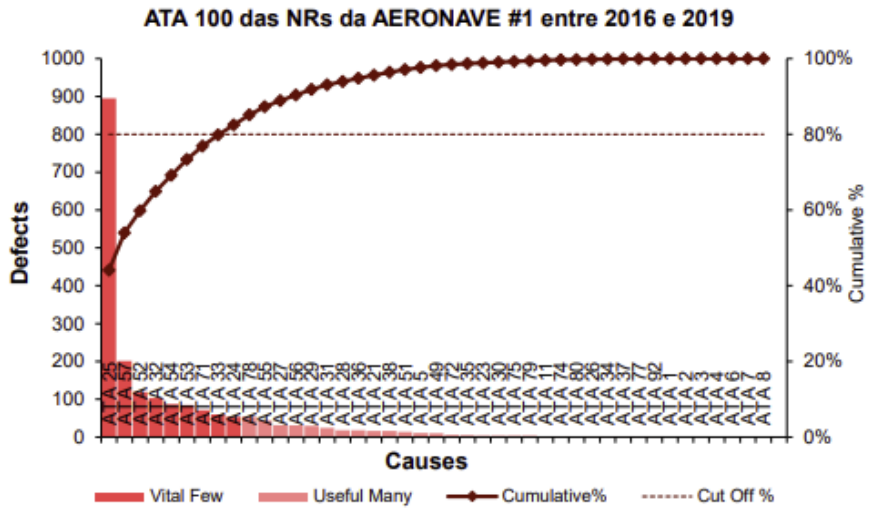
Abaixo podemos ver Diagramas de Pareto referentes aos códigos ATA das NR das 6 aeronaves seleccionadas no período de tempo seleccionado. Podemos verificar que as NR correspondentes às 8 primeiras ATA representadas no diagrama de parte abaixo correspondem a mais de 80% das NR (cerca de 80,62%). As 8 ATAs são:

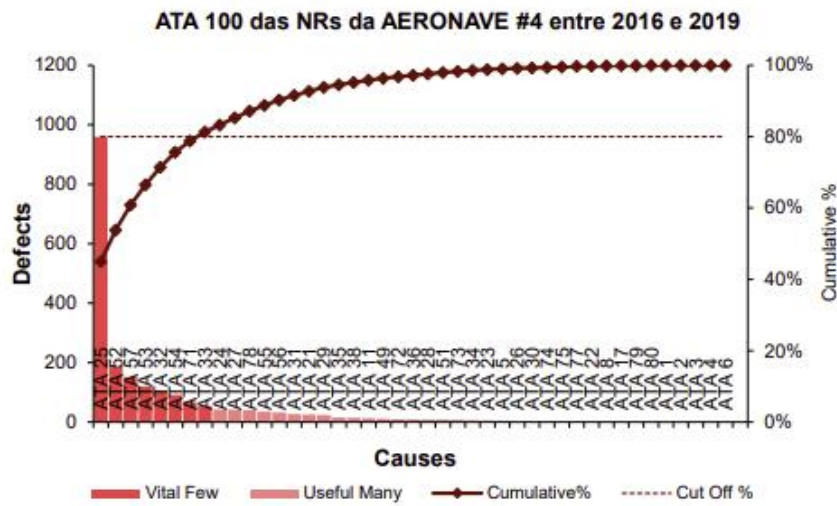
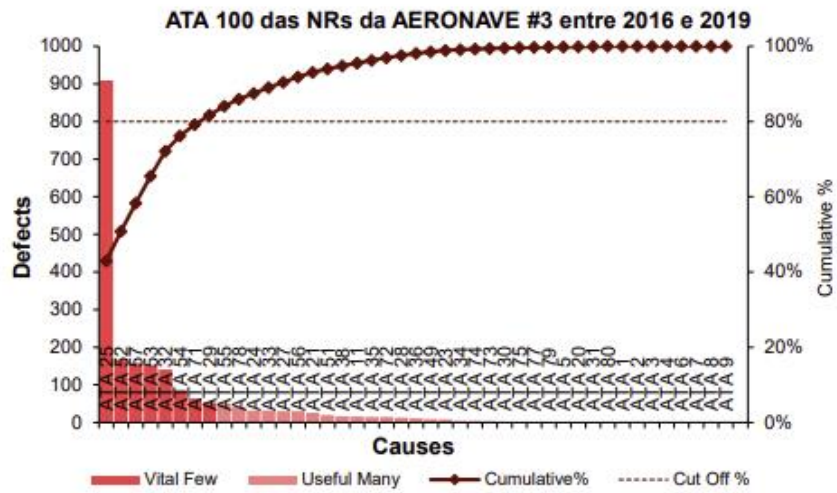
- ATA 25 – EQUIPMENT/FURNISHINGS
- ATA 57 – WINGS
- ATA 52 – DOORS
- ATA 53 – FUSELAGE
- ATA 32 – LANDING GEAR
- ATA 54 – NACELLES/PYLONS
- ATA 33 – LIGHTS
- ATA 71 – POWER PLANT

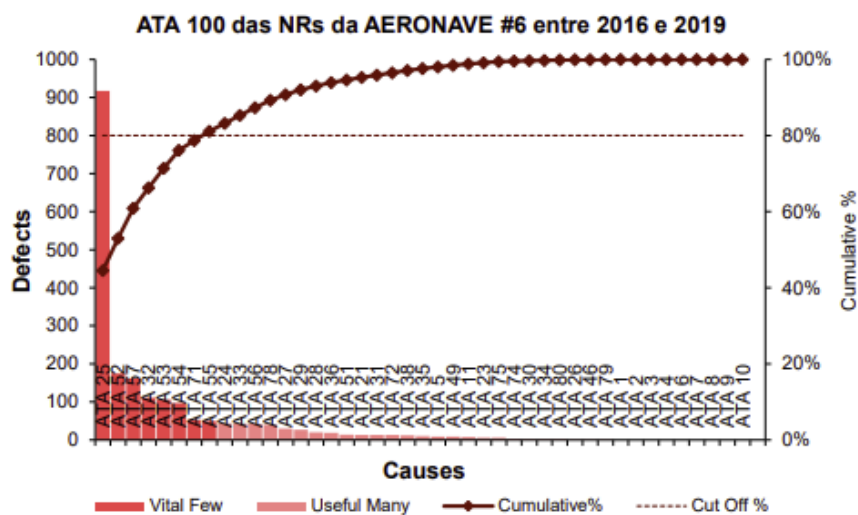
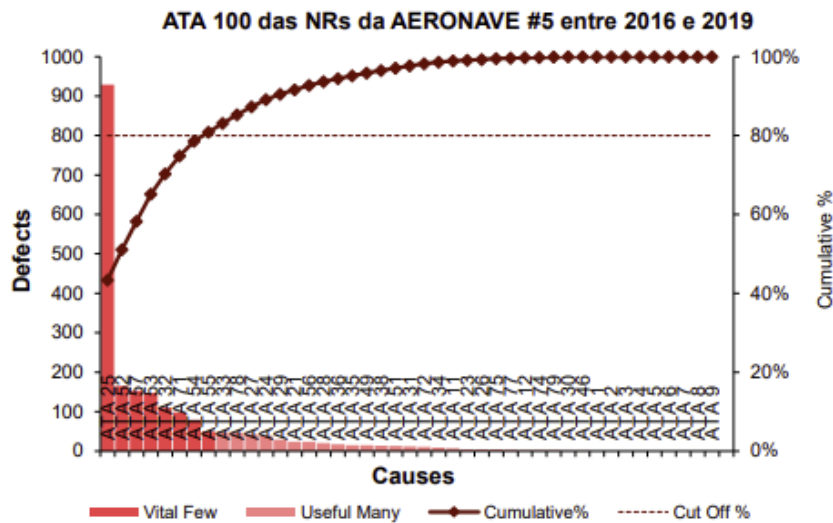
Em todos os diagramas de Pareto abaixo destaca-se a ATA 25 que corresponde a cerca de 45% das Non Routines.



Abaixo encontram-se os 6 diagramas de Pareto referentes às ATA 100 das *Non Routines* de cada uma das 6 aeronaves selecionadas no período de tempo selecionado. As ATAs das NR estão dispersadas e ordenadas de modos semelhantes apenas havendo algumas variações tais como a ATA 52 ser a segunda ATA com mais NR nas AERONAVE #3, CS.TNT, AERONAVE #5 e AERONAVE #5, enquanto que nas AERONAVE #1 e AERONAVE #2 a segunda ATA como mais NR é a ATA 57.

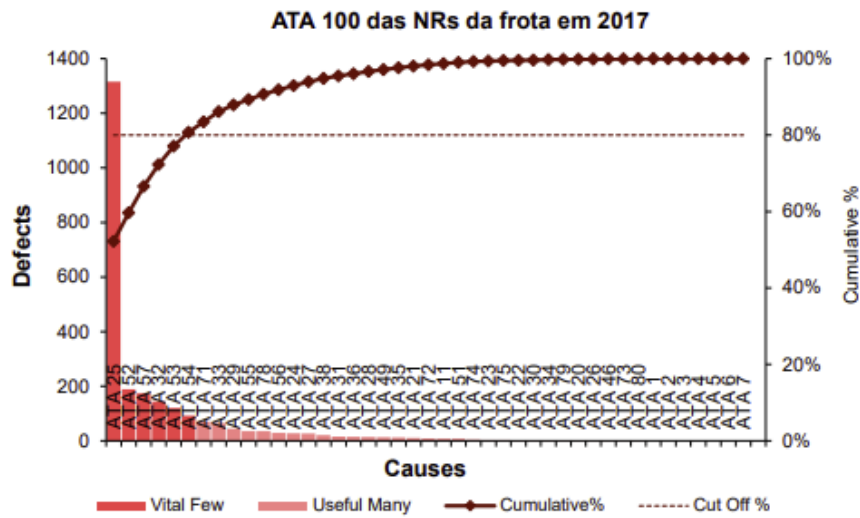
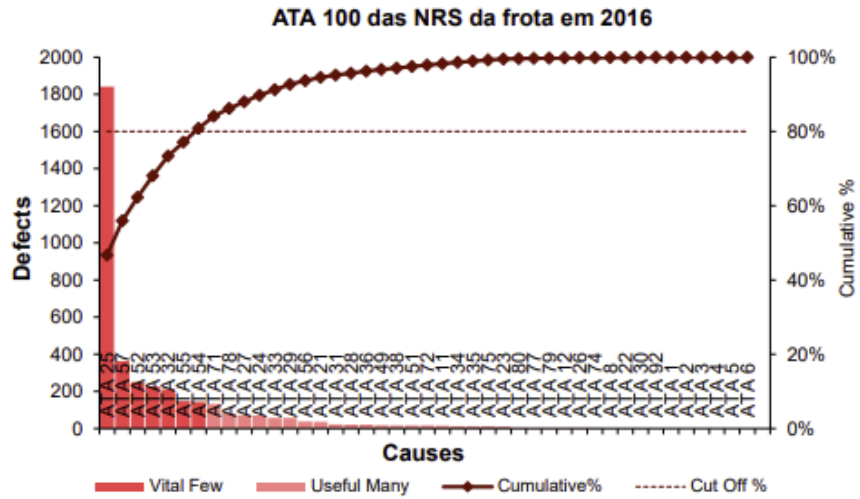


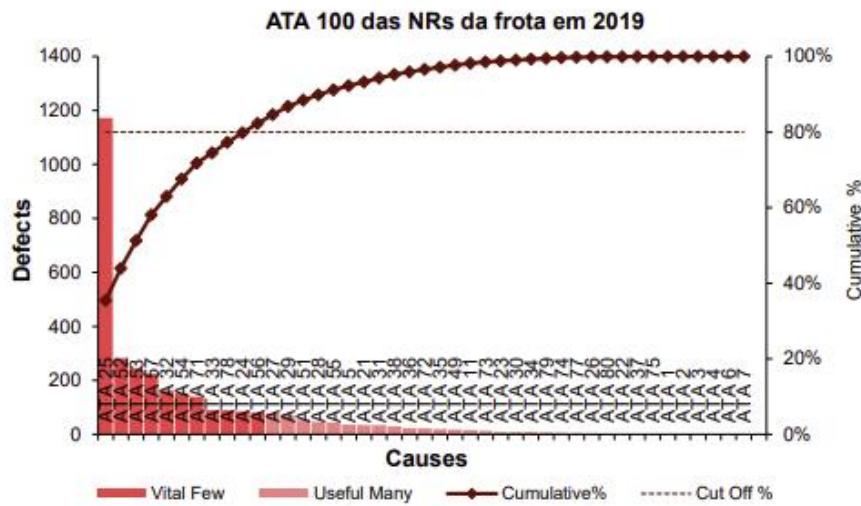
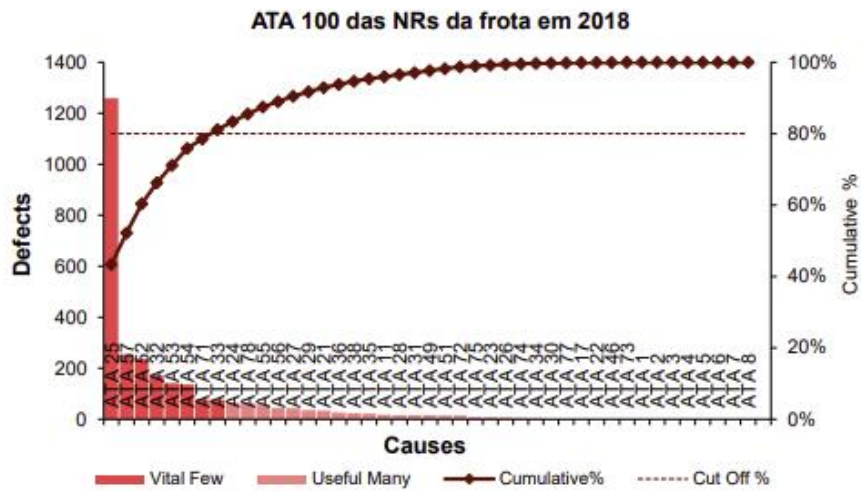




Abaixo encontram-se os 4 diagramas de Pareto referentes às ATA 100 das *Non Routines* da frota das aeronaves selecionadas em cada um dos anos do período de tempo selecionado.

A distribuição de ATA é semelhante aos diagramas de Pareto analisados, pelo que se destacam pequenas diferenças tais como no ano de 2016 a ATA 55 teve o triplo de *Non Routines* comparativamente aos outros anos. Também em 2016 e 2019 a ATA 53 teve quase o dobro das *Non Routines* do que em 2017 2018. Outras pequenas diferenças são as variações entre as ATA 52, 57, 53, 57, 32, 54, 71, 33, 78, 24, 29, entre outras.





## Estatística Geral das SUBATA das ATA das Anomalias

De seguida foi feita uma análise à identificação das NR no que toca à SUBATA da ATA de cada NR. É importante referir que foi usada a lista ATA e SUBATA da Airbus.

Os códigos SUBATA das Non Routines foram identificadas pelo terceiro e quarto dígitos dos códigos MPM das Cartas de Trabalho de origem. Um problema para a análise das SUBATA foi a dificuldade de identificar a SUBATA das NRs com origem em Cartas de Trabalho não associadas a um código MPM, como é o caso das EOs. Devido ao elevado número de NRs com origem em cartas de trabalho sem código MPM associado, foi feita apenas a análise às NRs com origem em cartas de trabalho com código MPM associado.

Em cerca de 19,8% das NRs da ATA 25 foi possível identificar a SUBATA.

Em cerca de 49,2% das NRs da ATA 71 foi possível identificar a SUBATA.

Em cerca de 72,2% das NRs da ATA 57 foi possível identificar a SUBATA.

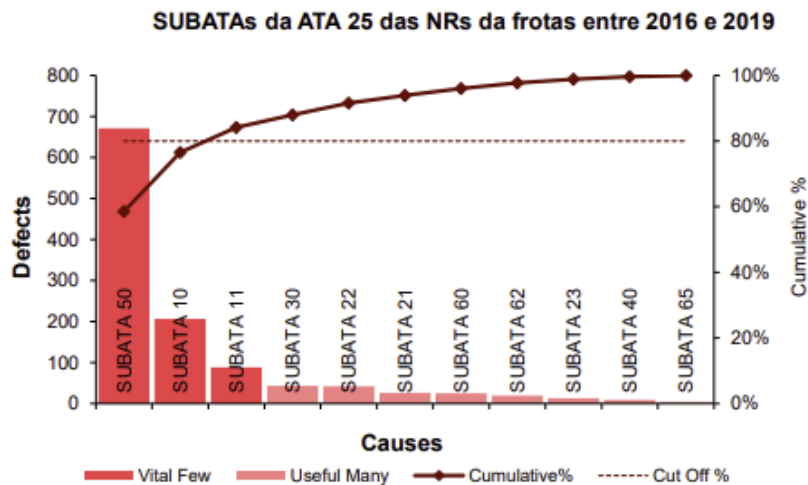
Em cerca de 77,8% das NRs da ATA 52 foi possível identificar a SUBATA.

Em cerca de 62,4% das NRs da ATA 53 foi possível identificar a SUBATA.

Em cerca de 69,9% das NRs da ATA 54 foi possível identificar a SUBATA.

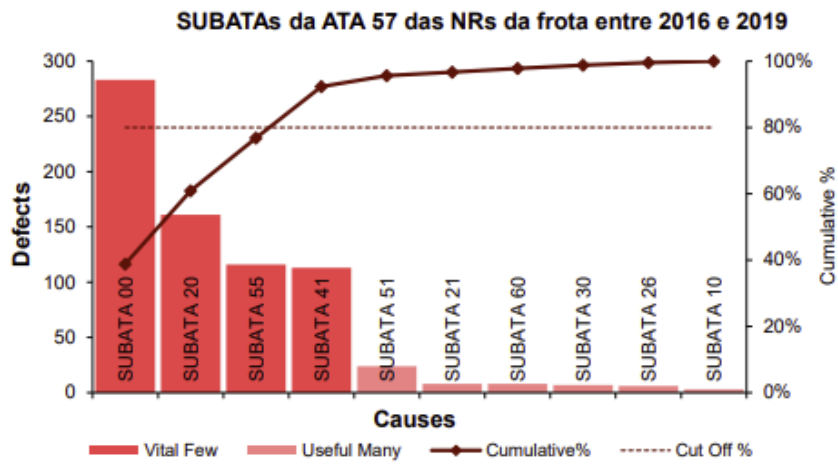
Em cerca de 75,5% das NRs da ATA 33 foi possível identificar a SUBATA.

Em cerca de 80,8% das NRs da ATA 32 foi possível identificar a SUBATA.



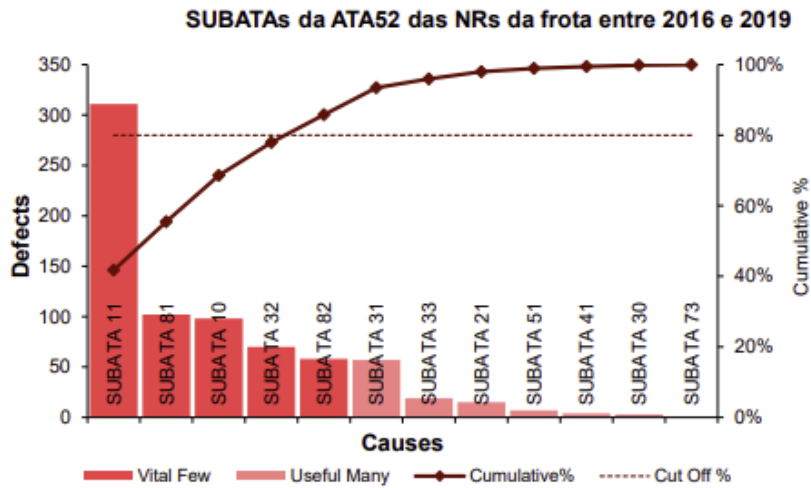
As SUBATA da ATA 25 - EQUIPMENT/FURNISHINGS com mais NRs são:

- SUBATA 50 – CARGO COMPARTMENTS
- SUBATA 10 – COCKPIT
- SUBATA 11 – COCKPIT SEATS



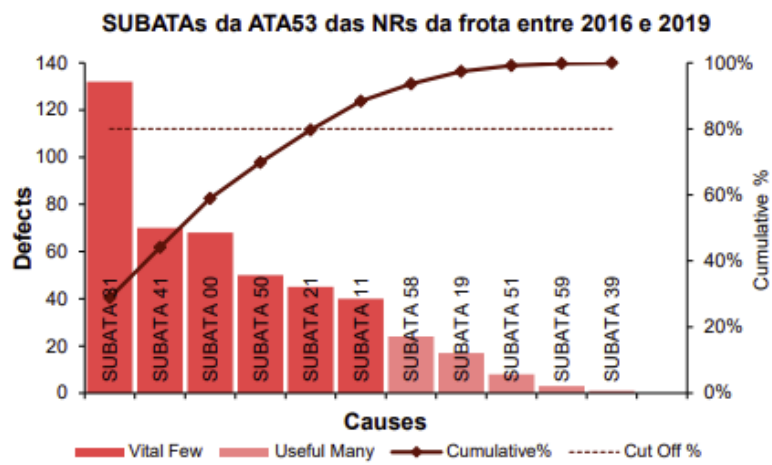
As SUBATA da ATA 57 – WINGS com mais NRs são:

- SUBATA 00 – WING (GENERAL)
- SUBATA 20 – OUTER WING
- SUBATA 55 - FAIRINGS
- SUBATA 41 – LEADING EDGE



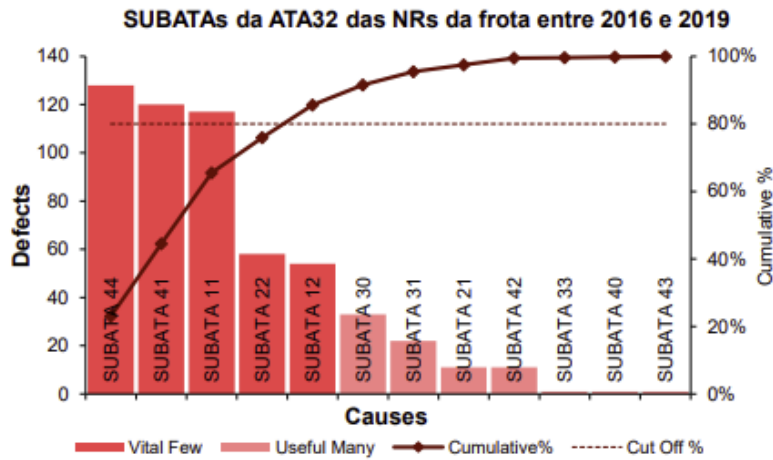
As SUBATA da ATA 52 – DOORS com mais NRs são:

- SUBATA 11 - FWD PASSENGER/CREW DOOR
- SUBATA 81 - MAIN LANDING GEAR DOORS
- SUBATA 10 – PASSENGER/CREW DOORS
- SUBATA 32 - AFT CARGO COMPARTMENT DOOR
- SUBATA 82 – NOSE LANDING GEAR DOORS
- SUBATA 31 - FWD CARGO COMPARTMENT DOOR



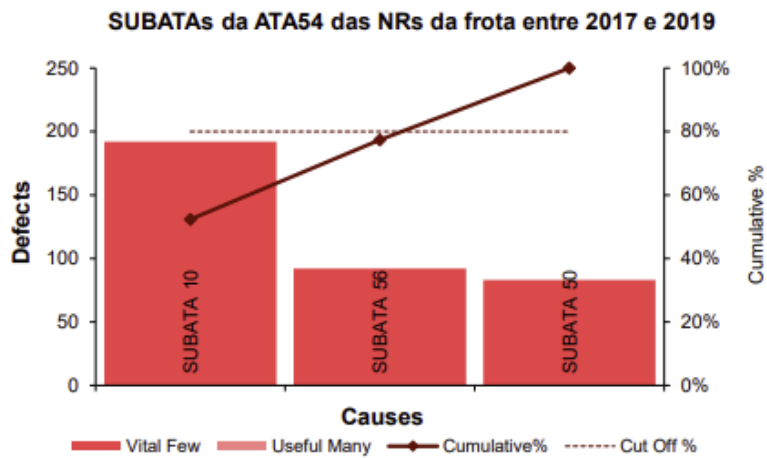
As SUBATA da ATA 53 – FUSELAGE com mais NRs são:

- SUBATA 31 – CENTER FUSELAGE MAIN STRUCTURE
- SUBATA 41 – REAR FUSELAGE MAIN STRUCTURE
- SUBATA 00 – FUSELAGE STRUCTURE (GENERAL)
- SUBATA 50 – CONE/REAR FUSELAGE
- SUBATA 21 – FOWARD FUSELAGE MAIN STRUCTURE
- SUBATA 11 – NOSE FOWARDFUSELAGE MAIN STRUCTURE



As SUBATA da ATA 32 – LANDING GEAR com mais NRs são:

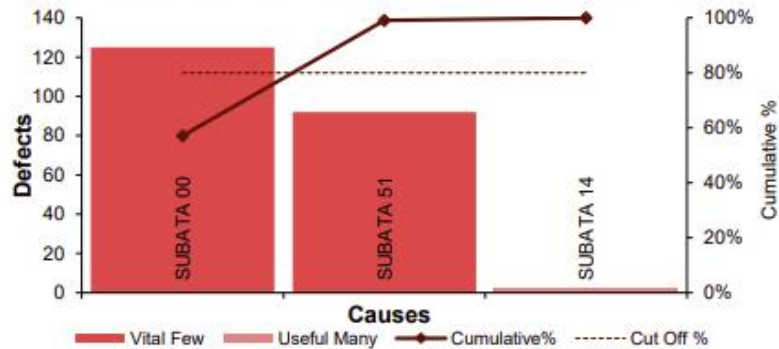
- SUBATA 44 - ALTERNATE BRAKING WITHOUT ANTI SKID
- SUBATA 41 – WHEELS
- SUBATA 11 – MAIN LANDING GEAR
- SUBATA 22 – NOSE GEAR DOORS
- SUBATA 12 – MAIN GEAR DOORS



As SUBATA da ATA 54 – NACELLES/PYLONS com mais NRs são:

- SUBATA 10 – NACELLE SECTION
- SUBATA 56 – LOWER FAIRING
- SUBATA 50 - PYLONS

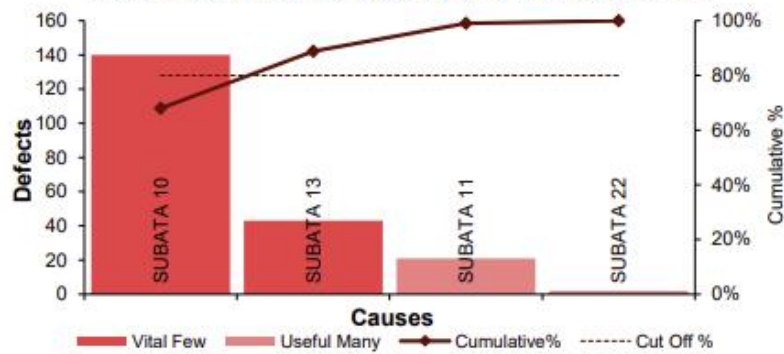
### SUBATAs da ATA33 das NRs da frota entre 2016 e 2019



As SUBATA da ATA 33 – LIGHTS com mais NRs são:

- SUBATA 00 – LIGHTS (GENERAL)
- SUBATA 51 – CABIN EMERGENCY LIGHTNING

### SUBATAs da ATA 71 das NRs da frota entre 2016 e 2019



As SUBATA da ATA 71 – POWER PLANT com mais NRs são:

- SUBATA 10 – ENGINE COWLING SYSTEM
- SUBATA 13 – FAN COWL

Com este estudo dos códigos SUBATA foi possível identificar alguns componentes em que incidem mais anomalias detetadas pela tripulação. É de notar que se destaca a SUBATA 50 da ATA 25 com um grande número de NR, mas não se pode concluir muito pois apenas foi possível identificar a SUBATA a 20% das Non Routines da ATA 25.

É de notar que se destaca a SUBATA 11 da ATA 52 (referente à porta dianteira da tripulação e passageiros) com um grande número de NR.

## Cartas de trabalho com mais Non Routines geradas

Esta parte do relatório corresponde ao estudo realizado para determinar as intervenções de manutenção que mais geram Non Routines.

No Anexo I estão apresentadas as Job Orders que mais Non Routines geraram. No Anexo I estão representadas, para cada aeronave, quantas vezes que as intervenções de manutenção foram realizadas e quantas cartas Non Routines foram geradas nessa intervenção.

Abaixo estão representadas as Job Orders que geraram um maior número de Non Routines.

Engineering Orders	Código MPM
EO 25R1425	5700 00000002600
EO 25R1421	5513 00000001344
EO 25R796	5513 00000001334
EO 29R1288	5700 00000002500
EO 51R993	5720 00000004575
EO 29R1535	7110 00000002430
EO 25R1433	2492 00000021500
EO 29R1312	7110 00000002440
EO 71R1636	2492 00000021600
EO 52R2053	5350 00000002300
	5456 00001003471
	5720 00000004675
	5341 00001003171
	5456 00001003481
	2492 00000021300
	5331 00002001191
	5331 00002001192
	2492 00000021700
	2492 00000021800
	7830 00000007450
	5450 00001003411

## Cartas de trabalho sem Non Routines geradas

Esta parte do relatório corresponde ao estudo realizado para determinar as intervenções de manutenção que não geraram nenhuma Non Routines, ou seja, as tarefas de manutenção de base em que não foi encontrada nenhuma anomalia, para proceder ao estudo dessas tarefas para um possível alargamento do intervalo de manutenção.

Este estudo consistiu na análise do número de Non Routines que cada *Job Order* gera. Com este estudo pretende-se identificar as *Job Orders* que geram mais Non Routines assim como as *Job Orders* que não geram nenhuma Non Routine.

Para tal foram verificadas as vezes que cada *Job Order* foi efetuada em cada aeronave em cada ano, e quantas Non Routines tiveram origem nessa mesma *Job Order* de modo a identificar o número de Non Routines que são geradas em cada *Job Order*.

A *Job Order* que mais Non Routines gerou foi a EO25R1425, tendo sido efetuada uma vez em cada *C check*, na medida em que por cada vez que é efetuada gera cerca de 50 Non Routines.

Das 3258 *Job Orders* realizadas à frota em análise entre 2016 e 2017, 2428 *Job Orders* não geraram Non Routines. Dessas, 566 *Job Orders* têm um código MPM associado e 583 *Job Orders* são referentes a EOs. As restantes são referentes a intervenções de manutenção que não têm como objetivo a deteção de anomalias. Ou seja, cerca de 1100 *Job Orders* que estão ou estiveram no PMA da frota de A320 não geraram nenhuma Non Routine. Isto na frota analisada e entre 2016 e 2017.

Algumas destas *Job Orders* não tiveram nenhuma anomalia detetada pelo simples motivo de a *Job Order* ter sido cancelada em 2016 ou ter sido adicionada ao PMA em 2019. Por esse motivo foi criado um filtro de modo a selecionar apenas as *Job Orders* que estiveram em vigor entre 2016 e 2019, eliminando as que foram canceladas entre este período e as que foram adicionadas ao PMA neste período.

Abaixo estão as 5 EOs que mais vezes foram efetuadas e que não geraram nenhuma Non Routine:

- *Job Order* EO 51R876 - efetuada 96 vezes
- *Job Order* EO 32R1653 - efetuada 148 vezes
- *Job Order* EO 52R1734 - efetuada 137 vezes
- *Job Order* EO 57R1336 - efetuada 142 vezes
- *Job Order* EO 57R1337 - efetuada 142 vezes

Foi feita uma análise à revisão 30 do PMA das aeronaves em estudo e foi verificado que nenhuma das EOs acima constam nessa revisão do PMA. Isto é explicado pelo facto de a revisão ser do ano de 2021 e os dados analisados serem de entre 2016 e 2019.

Abaixo estão as *Job Orders* com código MPM que mais vezes foram efetuadas e que não geraram nenhuma Non Routine.

Job Order	Nº vezes efetuada	CMR	Men	M/H
2790 00000002210	273	CMR*	2	0.40
8011 10000002436 B	279		1	0.20
8011 10000002436 A	279		1	0.20
8011 10000002446 A	279		1	0.24
8011 10000002446 B	279		1	0.24
2428 00000003210	154	CMR*	1	0.10
2740 00000002210	154	CMR**	1	0.10
2813 43000002148	135			
2260 00000001210	100			
2421 00000002438 A	147		1	0.02
2421 00000002438 B	147		1	0.02
2421 00000002448 B	147		1	0.02
2421 00000007438 A	142		1	0.04
2421 00000007438 B	142		1	0.04
2421 00000007448 A	142		1	0.04
2421 00000007448 B	142		1	0.04
2424 00000004210	148	CMR*	1	0.02
2438 34000001210	142		1	0.10
2510 00000004211 B	142		TAP	
2530 00000002200 A	142		1	0.20
2530 00000002200 B	142		1	0.20
2612 00000001210	142		1	0.10
2613 00000001210	118		1	0.10
2616 00000002210	118		1	0.10
2616 00000003210	118		1	0.10
2617 00000001210	110		1	0.10
2623 00000008130	148		TAP	

Job Order	Nº vezes efetuada	Men	M/H
2623 00000008150	148	TAP	
2760 00000001500	142	TAP	
2760 00000001600	142	TAP	
2811 00000001190	148	1	0.10
2811 00000001500	148	1	0.10
2811 00000002196	142	1	0.10
2910 00000001100	142	1	0.10
2910 00000002100	142		
3042 00000001210	148	TAP	
3210 00000001731	142	2	0.50
3210 00000001741	142	2	0.50
3211 19000001741	140	1	0.02
3220 00000003710	142	2	0.54
3241 00000001700	148	1	0.10
3831 00000002200 A	148	1	0.30
4970 00000001210	142	TAP	
5621 13000004200	142		
7113 00000001430	142	1	0.33
7113 00000001440	142	1	0.33
7113 00000010430	148	1	0.33
7811 12000004450	142	TAP	
7811 12000004460	141	TAP	
7910 00000005450	148	TAP	
8011 10000003436 B	142	1	0.34
8011 10000003446 A	141	1	0.34
8011 10000003446 B	141	1	0.34
3240 00000005731	125	1	0.08

Foi feita uma análise à revisão 30 do PMA das aeronaves em estudo para verificar se alguma destas *Job Orders* foram canceladas e também identificar a data da sua última revisão. As *Job Orders* sublinhadas a vermelho na tabela acima foram canceladas entre 2019 e 2021.

Posteriormente foi feita uma análise quanto às zonas. Com esta análise pretende-se identificar as zonas referentes à *Job Order* e verificar se a *Job Order* teve anomalias em alguma das zonas associadas ao mesmo código MPD.

Posteriormente foi identificada a descrição da *Job Order* assim como o seu intervalo. Todas as informações analisadas foram retiradas da revisão 30 do PMA das aeronaves em estudo.

É de salientar que este estudo consiste na possibilidade de alargar o intervalo da Job Order. As cerca de 50 Job Orders selecionadas devem ser analisadas para verificar se é possível alargar o intervalo de manutenção.

É de salientar que este estudo foi realizado em 2022 e os dados analisados são referentes ao intervalo entre 2016 e 2019. Por este motivo foi possível cruzar informação com as intervenções de manutenção realizadas entre 2019 e 2022, na medida em que é possível verificar se foi ou não encontrada alguma anomalia nesses anos na *Job Order* que se pretende estender o intervalo de manutenção.

Foi verificado se alguma das Job Orders são referentes a itens CMR\* ou CMR\*\*. Das 50 Job Orders selecionadas 3 são referentes a itens CMR\* e uma é referente a item CMR\*\*. Podemos verificar isto na tabela acima.

Para fazer o estudo do escalonamento das tarefas deve ser feito um estudo individual para cada tarefa consultando o AMM (Aircraft Maintenance Manual).

Para o escalonamento das tarefas deve ser realizado um Relatório de Escalonamento de Intervenções de Manutenção para submeter a aprovação.

## Conclusões

Deste relatório podemos retirar as seguintes conclusões acerca da operação das 6 aeronaves selecionadas, entre 2016 e 2019:

- As Non Routines representam cerca de 21% das intervenções de manutenção.
- 47% das Non Routines têm origem em Job Orders associadas a código MPM.
- 40% das Non Rotuines têm origem em Engineering Orders.
- Em média, uma C check gera 400 Non Routines, enquanto que uma A check gera cerca de 40 Non Rotines.
- Não houve nenhuma variabilidade visível ou significativa quanto ao número de Non Rotines.
- Cerca de 45% das Non Routines são referentes à ATA 25
- Cerca de 80% das NR são referentes às ATA 25, 57, 52, 53, 32, 54, 33 e 71.
- Das NR da ATA 25, a SUBATA com mais NR associadas foi a SUBATA 50 referente aos compartimentos de carga.
- Das NR da ATA 52, a SUBATA com mais NR associadas foi a SUBATA 11 referente à porta dianteira de passageiros e tripulação.
- A EO25R1425 é a Job Order que mais Non Routines gerou, gerando cerca de 60 Non Routines por cada vez que é executada.
- É possível escalonar no mínimo 30 intervenções de manutenção que não geraram nenhuma Non Routine.

## Anexo 1 – Job Orders com mais Non Routines

JOB_ORDER	ITEM_NUM_DOC	DESC	THQ		THR		THS		TNT		TNU		TNV		TOTAL		
			NumEx	NumR	NumEx	NumR	NumEx	NumR	NumEx	NumR	NumEx	NumR	NumEx	NumR	NumEx	NumR	NumEx
EO 2561425		FLIGHT COMPARTMENT/CABIN EQUIPMENT SYSTEM	3	115	3	166	3	151	3	195	3	247	3	199	3	1073	5961,51%
EO 2561431		FLIGHT COMPARTMENT/CABIN EQUIPMENT SYSTEM	15	290	16	288	17	286	16	319	17	279	15	258	96	1720	1796,67%
EO 2562796		CARMS-LAVATORY INSPECTION	23	95	24	77	24	65	24	58	23	66	24	110	142	451	311,61%
EO 2961288		HPD-REVENTIVE INSP ENGINES PYLON AREA	3	12	3	19	3	7	3	6	3	6	3	7	18	57	316,67%
EO 5189925		STRUCTURAL MAPPING UPDATE	3	5	3	12	3	18	3	4	3	7	3	5	18	51	283,33%
EO 2961535		HPD-REVENTIVE INSP HPD BAY/CARGO AND TAIL	3	10	3	6	3	10	3	9	3	8	3	7	18	50	277,28%
EO 2561433		FLIGHT COMPARTMENT/CABIN EQUIPMENT SYSTEM	20	55	21	65	23	52	22	64	22	69	21	65	129	355	275,19%
EO 2961512		HYDRAULIC-REVENTIVE INSP WHEEL BAY AREAS	3	2	3	5	3	23	3	5	3	2	3	5	18	44	227,28%
EO 7181526		MOBILE REPAIR STATUS UPDATE	3	9	3	2	3	6	3	9	3	5	3	4	18	36	200,00%
EO 5320263		DFT INSP PAX CABIN DOOR/PAX COMP EXITS	3	2	3	6	3	9	3	5	3	11	3	8	31	41	132,26%
EO 7181099-41		TREAT INLET COWL ACOUSTIC PANEL CORROSION	3	9	3	4	3	1	3	0	3	3	3	3	18	20	111,11%

JOB_ORDER	ITEM_NUM_DOC	DESC	THQ		THR		THS		TNT		TNU		TNV		TOTAL		
			NumEx	NumR	NumEx	NumR	NumEx	NumR	NumEx	NumR	NumEx	NumR	NumEx	NumR	NumEx	NumR	NumEx
5790 00000001600	Z-300-01-1	RIGHT WING LOWER SURFACE - GV	3	17	3	34	3	21	3	21	3	17	3	23	18	121	572,22%
5915 00000001344	Z-334-01-1	RIGHT THS TRAILING EDGE - GV	3	8	3	18	3	15	3	12	3	15	3	15	18	79	438,89%
5915 00000001354	Z-334-01-1	LEFT THS TRAILING EDGE - GV	3	15	3	17	3	14	3	5	3	12	3	14	18	75	416,67%
5700 00000002500	Z-300-02-1	LEFT WING LOWER SURFACE - GV	3	7	3	11	3	11	3	18	3	5	3	8	18	61	338,89%
5720 00000004975	Z-375-01-1	LEFT WING OUTFIXED TRAILING EDGE - GV	3	12	3	7	3	8	3	18	3	3	3	13	18	61	338,89%
7110 00000002450	711000-C4-2	COWLING SYSTEM/PAN COWL DOORS - GV	3	9	3	15	3	10	3	6	3	14	3	5	18	57	316,67%
2492 000000021500	202800-01-1	ELECTRICAL ROUTING SYS/POWER LEADS - DI	3	6	3	11	3	7	3	8	3	5	3	9	18	56	311,11%
7110 000000021400	711000-C4-3	COWLING SYSTEM/PAN COWL DOORS - GV	3	13	3	6	3	4	3	10	3	11	3	9	18	54	300,00%
2492 000000021600	202800-01-1	ELECTRICAL ROUTING SYS/POWER LEADS - DI	3	8	3	10	3	7	3	16	3	0	3	9	18	50	277,28%
5350 000000021900	Z-300-02-1	STABILIZERS AND CONE/REAR FUSELAGE - GV	3	12	3	0	3	9	3	2	3	11	3	15	18	49	272,22%
5456 00000003471	Z-471-01-4	PYLON RL/LANDING EDGE/LOWER FAIRING - GV	3	9	3	11	3	18	3	7	3	6	3	2	18	48	266,67%
5720 00000004675	Z-375-01-1	RIGHT WING OUTFIXED TRAILING EDGE - GV	3	5	3	6	3	4	3	7	3	2	3	2	18	44	244,44%
5341 00000003171	Z-371-01-2	AFT CABIN UNDERLOOR COMPARTMENT - GV	3	5	3	11	3	6	3	7	3	10	3	7	18	43	238,89%
5456 00000003481	Z-471-01-4	PYLON RL/LANDING EDGE/LOWER FAIRING - GV	3	12	3	1	3	6	3	13	3	6	3	5	18	38	211,11%
2492 000000021300	202800-01-1	ELECTRICAL ROUTING SYS/POWER LEADS - DI	3	4	3	8	3	2	3	5	3	7	3	11	18	36	200,00%
5331 0000000201191	Z-191-01-1	AIR CONDITIONING COMPARTMENT (FAIRINGS-GV)	3	4	3	6	3	3	3	10	3	5	3	5	18	29	161,11%
2492 000000021700	202800-01-1	AIR CONDITIONING COMPARTMENT (FAIRINGS-GV)	3	3	3	3	3	6	3	3	3	3	3	6	18	26	144,44%
5492 000000021700	202800-01-1	ELECTRICAL ROUTING SYS/POWER LEADS - DI	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	18	24	133,33%
7830 000000021800	783000-CB-1	THRUST REVERS (INNER BARREL HEATSHIELD-GV)	3	15	3	2	3	4	3	5	3	1	3	1	18	24	133,33%
5450 00000003411	Z-411-01-3	UPPER FORWARD PYLON LEADS - GV	3	1	3	1	3	4	3	14	3	5	3	1	18	21	116,67%

## Anexo 2 – Algumas NR de ATA 25-50

Diagn	ATA	SUBATA	DESCRI
2550 0000000	25	50	FWD CARGO- CEILING PANEL DAMAGED
2550 0000000	25	50	FWD CARGO- YZ LATCH WITH CORROSION
2550 0000001	25	50	BULK CARGO COMPARTMENT-NET PN-AC40-0217400 DAMAGED.
2550 0000000	25	50	PORAG FWD - PANELS DAMAGED
2550 0000000	25	50	AFT CARGO - SILL LATCH ELECTRICAL OPERATION INOP
2550 0000000	25	50	AFT CARGO-MUST BE CLEANED
2550 0000000	25	50	FWD CARGO- FLOOR PANELS DAMAGED
2550 0000000	25	50	AFT CARGO-CEILING PANEL 151 GC AND 151 HC DAMAGED.
2550 0000001	25	50	BULK CARGO- ANTICHAFING PLATE DAMAGED AND NEED PAINT
2550 0000200	25	50	AFT CARGO -AFT CARGO COMP ENTRY PNL NEED TO BE PAINTED
2550 0000000	25	50	FWD CARGO - BUTT SEAL WITH CORROSION.
2550 0000000	25	50	FWD CARGO NEED CLEANING
2550 0000001	25	50	BULK-CARGO WITH SEVERAL NETS ATTACH POINTS WITH CORROSION.
2550 0000100	25	50	AFT CARGO COMPARTMENT - BALL MAT PANEL WITH CORROSION
2550 0000200	25	50	AFT CARGO-DOOR FULLY OPEN AND BLOCKED LIGHT DOESNT WORK.
2550 0000200	25	50	AFT CARGO-CONTROL BOX LIGHT DOESNT WORK
2550 0000100	25	50	FWD CARGO-PLACARD ON CONTROL BOX TP25-8285 IN BAD CONDITION.
2550 0000200	25	50	AFT CARGO-KZ LATCH #3 WITH MISSING SPRING.
2550 0000100	25	50	FWD CARGO-DOOR SILL LATCH DOESNT WORK WHEN ELECTRICALLY OPERATED.
2550 0000200	25	50	AFT CARGO-DOOR SILL LATCH DOESNT WORK WHEN ELECTRICALLY OPERATED.
2550 0000200	25	50	AFT CARGO-PLACARD "CARGO DOOR SELECTOR" DAMAGED
2550 0000200	25	50	AFT CARGO -DOOR SILL LATCHE DAMAGED
2550 0000200	25	50	AFT CARGO- KZ LATCHE WITH SPRING TENSION DAMAGED
2550 0000200	25	50	AFT CARGO JOYSTICK DAMAGED (P/N 48-2-2401)
2550 0000100	25	50	FWD CARGO - LIGHT INDICATOR OF CARGO DOOR SELECTOR DOES NOT WORK
2550 0000001	25	50	AFT CARGO DOOR - DAMAGED DECAL (TP52-109)
2550 0000001	25	50	AFT CARGO COMP - MISSING SPRING ON KZ LATCH #1
2550 0000000	25	50	FWD CARGO COMPARTMENT: EXCESS WEAR AT ENTRY PDU ROLLER
2550 0000000	25	50	AFT CARGO COMPARTMENT: EXCESS WEAR AT ENTRY PDU ROLLER
2550 0000001	25	50	NET DIVIDER TORN
2550 0000000	25	50	FWD,AFT AND BULK CARGO COMPARTMENT DIRTY AND WITH LUGGAGE DEBRIS
2550 0000000	25	50	AFT CARGO COMPARTMENT: DOOR SILL LATCH SERVO MECHANISM WITH MALFUNCTION(SHAFT BROKEN)
2550 0000000	25	50	AFT CARGO COMP - AFT CARGO COMPARTMENT NEED TO BE CLEAN
2550 0000000	25	50	FWD CARGO COMP - FWD CARGO COMPARTMENT NEED TO BE CLEAN
2550 0000200	25	50	BULK CARGO COMP - DAMAGED NET DIVIDER PN: AC40-0217400
2550 0000300	25	50	AFT CARGO COMP - BALL UNIT DAMAGED ON ENTRY (2EA)
2550 0000200	25	50	ALL CARGO COMPTS NEED CLEANING
2550 0000300	25	50	BULK CARGO COMP - MISSING SECTION OF SEAL (0.5M) BETWEEN LATERAL PANELS ON RH SIDE
2550 0000300	25	50	AFT CARGO COMP - "CARGO DOOR SELECTOR" PLACARD DAMAGED [TAP-DO-002049-EPA]
2550 0000300	25	50	FWD CARGO COMP - MISSING CLS "GREEN" LIGHT CAP AND LAMP.
2550 0000000	25	50	AFT CARGO - PDU #3 LONG WITH SHAFT DAMAGED
2550 0000000	25	50	FWD CARGO- BALLMATT FOUND WITH BALL UNIT DAMAGED
2550 0000000	25	50	AFT CARGO COMPARTMENT NEEDS CLEANING
2550 0000000	25	50	FWD CARGO COMPARTMENT NEEDS CLEANING
2550 0000300	25	50	FWD CARGO COMPARTMENT - FWD DOOR SILL ROLLER MISSING SPRING
2550 0000000	25	50	FWD CARGO COMPARTMENT - FORWARD PARTITION WITH DAMAGED LINING
2550 0000100	25	50	FWD CARGO COMPARTMENT - DAMAGED BALL UNIT
2550 0000001	25	50	AFT CARGO COMPARTMENT - SIDE ROLLERS STUCK
2550 0000300	25	50	BULK CARGO DOOR- SEAL LOOSE (AFT INTERIOR CORNER)
2550 0000200	25	50	FWD CARGO - PDU #3 MALFUNCTION
2550 0000200	25	50	AFT CARGO - CARGO DOOR SELECTOR PLACARD DAMAGED.
2550 0000200	25	50	AFT CARGO- KZ LATCH #1 WITH SPRING MISSING
2550 0000200	25	50	FWD CARGO- LEAD BONDING ACTUATOR/DOOR #AFT DAMAGED
2550 0000200	25	50	FWD CARGO- GUIDE TRACK ANTERIOR LOOSE
2550 0000100	25	50	FWD CARGO - 1 SPRING MISSING AT FWD ANTI ROLL OUT.
2550 0000100	25	50	FWD CARGO DOOR - LEAD BONDING DAMAGED AT FWD ACTUATOR.
2550 0000200	25	50	AFT CARGO - PLACARD TAP-DO-002049-EPA.
2550 0000100	25	50	FWD CARGO DOOR - 1 TEFLON MISSING
2550 0000001	25	50	BULK CARGO - NET ATTACHMENT POINTS ARE DAMAGED.
2550 0000000	25	50	AFT CARGO - IN ELECTRICAL OPERATION, DOOR SILL LATCH WITH MALFUNCTION
2550 0000200	25	50	AFTER GVI TO AFT CARGO COMP - LOCKED/UNLOCKED VISORS FROM AFT CARGO DOOR FOUND DAMAGED (SEA)
2550 0000001	25	50	AFT CARGO - GUIDE ENTRANCE ROLLER (FR 56) DAMAGED. (P.N. D2557239200000)
2550 0000300	25	50	AFT CARGO AND BULK-NEEDS TO BE CLEANED
2550 0000200	25	50	AFT CARGO-DAMAGED PANELS-151LF,151UH,151PF,152PF,151BK.
2550 0000001	25	50	AFT CARGO - GUIDE ENTRANCE ROLLER (FR 55) DAMAGED. (P.N. D2557239200000)
2550 0000001	25	50	AFT CARGO - NET ATTACHMENT POINTS DAMAGED (P.N. D2557206211800).
2550 0000100	25	50	FWD CARGO COMPARTMENT: UPPER Y-GUIDE WITH PAINT IN BAD CONDITION
2550 0000300	25	50	AFT CARGO -BALL MATT WITH CORROSION
2550 0000001	25	50	AFT CARGO -KZ LATCH IS DAMAGED.
2550 0000001	25	50	AFT CARGO - YZ-LATCHES ARE DAMAGED.
2550 0000001	25	50	FWD CARGO COMPARTMENT - ATTACHMENT POINT WITH CORROSION
2550 0000300	25	50	AFT CARGO-DAMAGED PANELS-152BK,152UH
2550 0000100	25	50	AFT CARGO-WITH DAMAGED LATCHS.
2550 0000001	25	50	BULK CARGO - FLOOR PANEL (PIN 181PF) IS DAMAGED.
2550 0000200	25	50	AFT CARGO- DAMAGED PANEL, 162 CW.
2550 0000200	25	50	AFT CARGO-BALL MATT DAMAGED LATCHS.
2550 0000100	25	50	FWD/AFT/BULK CARGO - COMPARTMENTS NEED TO BE CLEANED.
2550 0000100	25	50	FWD CARGO DOOR - 2 TEFLONS MISSING AT LOWER ZONE.
2550 0000100	25	50	FWD CARGO - FWD BULKHEAD PROTECTIVE PANELS DAMAGED
2550 0000000	25	50	CARGO COMPART: CLEANING UP ALL OF FWD,AFT AND BULK.

### Anexo 3 – Algumas NR de ATA 52-11

Origem	ATA	SUBATA	DESCR
5211 1400000	52	11	DOOR 2RH - TEFLON UPPER DOOR MISSING
5211 1400000	52	11	DOOR 2RH - LOW PRESSURE EMERGENCY ACUMULATOR
5211 1400000	52	11	DOOR 2LH - LOCKED/UNLOCKED DOES NOT MOVE WHEN OPENS THE DOOR
5211 1100000	52	11	PAX DOOR 1 LH - UPPER TEFLON PLATE DISBONDED AT FWD SEGMENT.
5211 1100000	52	11	PAX DOOR 2 RH - UPPER TEFLON PLATE DISBONDED AT FWD SEGMENT.
5211 1100000	52	11	AFT PAX DOOR #2 RH WITH TEFLON MISSING.
5211 1100000	52	11	DOORS - DOOR #2RH UPPER FRAME TEFLON MISSING.
5211 1100000	52	11	DOORS - MISSING PAINT AT DOOR #2LH AND #2RH ESCAPE SLIDE COVERS.
5211 1100000	52	11	DOORS - DOOR #2RH AFT #6 STOP DAMAGED.
5211 1400000	52	11	DOOR 2RH CYBERPRESSURE IN ACCUMULATOR
5211 1400000	52	11	DOOR 2LH LOCKED / UNLOCKED PLACARD STUCKED
5211 1400000	52	11	DOOR 2LH SLIDE ARMED LIGHT INOP
5211 1400000	52	11	DOOR 2RH AFT LINING WITH MISSING PAINT
5211 1100000	52	11	RIGHT AFT PAX/CREW DOOR- DOOR STOP FITTING SCREW IN BAD CONDITION
5211 1100000	52	11	AFT RH PAX DOOR - LEAD-BONDING DAMAGED
5211 1100000	52	11	FWD RH PAX DOOR - STOP PINS DAMAGED
5211 1400000	52	11	PAX DOOR #2LH INDICATOR FLAG LOCK/UNLOCK WITH MAL FUCTION.
5211 1400000	52	11	PAX DOOR #2RH ACCUMULATOR WITH LOW PRESSURE.
5211 1400000	52	11	DOOR 2RH UPPER PANEL NEEDS TOUCH OF PAINT
5211 1100000	52	11	DOOR PAX AFT AND FWD NEED RETOUCH PAINT
5211 1400000	52	11	DOOR 2RH ACCUMULATOR WITH LOW PRESSURE
5211 1400000	52	11	DOOR 2RH ACCUMULATOR WITH LOW PRESSURE
5211 1100000	52	11	DOOR 2RH AFT GIRT BAR FITTING SPRING DAMAGED
5211 1100000	52	11	DOOR 2RH ACCUMULATOR WITH LOW PRESSURE
5211 1100000	52	11	PAX DOOR 2LH + 2RH - WITH LOW PRESS ON DOOR DAMPERS
5211 1100000	52	11	PAX DOOR 2LH - WITH LOOSE TEFLON STRIPS
5211 1100000	52	11	PAX DOOR 2LH - MISSING SELF PATCH LIGHT GREEN
5211 1100000	52	11	DOOR #2 RH - LINING PANEL (FIN: 842FZ) INNER SUPPORT IS DAMAGED.
5211 1100000	52	11	DOOR #2 LH - ARM LOCKING ROLLER (P.N.: 05348025920200) IS STUCK.
5211 1100000	52	11	DOOR #2 RH - ARM LOCKING ROLLER (P.N.: 05348025920200) IS STUCK.
5211 1100000	52	11	DOOR #2 RH - SOME DOOR STOPS ARE WORN OUT.
5211 1100000	52	11	DOOR #2 RH - ESCAPE SLIDE COVER IS DAMAGED.
5211 1100000	52	11	DOOR #2 LH - UPPER ROLLER (P.N.: 05311318520000) IS STUCK.
5211 1100000	52	11	DOOR #2 LH - LINING PANEL (FIN: 832CJ) WITH SIGHT GLASS DAMAGED.
5211 1100000	52	11	DOOR #2 LH - ESCAPE SLIDE COVER IS DAMAGED.
5211 1100000	52	11	DOOR #2 LH: CREATE ACCESS FOR GR2
5211 1100000	52	11	DOOR #2 LH - APT MOUNT-ISOLATOR (P.N.: NSAS602-1) IS DAMAGED
5211 1400000	52	11	DOOR DAMPER AND EMERGENCY-OPERATION CYLINDER LOW PRESSURE (2RH)
5211 1100000	52	11	LEFT AFT PAX DOOR (2LH) WITH TEFLON STRIPS IN BAD CONDITION
5211 1400000	52	11	DOORS- EMERGENCY OPERATION ACCUMULATOR WITH LOW PRESSURE AT #2RH.