

**Instituto Superior de Engenharia do Porto**  
**Mestrado em Engenharia de Instrumentação e Metrologia**

julho de 2014

# **Metrologia na**

# **Inspeção de Componentes Aeronáuticos**

**Estagiária:** Rita Simões Maia Gonçalves (rita.goncalves@caetanoaeronautic.com)

**Orientador no ISEP:** Maria Cristina Ribeiro (mcr@isep.ipp.pt)

**Empresa:** Caetano Aeronautic, SA

**Orientador na Caetano Aeronautic:** Jorge Rodrigues (jorge.rodrigues@caetanoaeronautic.pt)



## Resumo

O presente relatório sintetiza as atividades de pesquisa e de campo desenvolvidas no estágio realizado na empresa Caetano Aeronautic, no âmbito da unidade curricular “Dissertação/Projeto/Estágio Profissional do Mestrado em Engenharia de Instrumentação e Metrologia, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

O estágio teve como principal objetivo adquirir competências para a realização da inspeção de componentes aeronáuticos, atividade presente ao longo de todo o processo produtivo da empresa.

O setor aeronáutico é um setor amplamente tecnológico e o seu Sistema de Gestão de Qualidade tem um vasto suporte documental associado. Numa primeira fase do trabalho foi feito um estudo intensivo do Sistema de Gestão da Qualidade da Caetano Aeronautic, de forma a se perceber quais os documentos inerentes ao sistema e respetivos conteúdos.

Em seguida, foi necessário realizar uma análise ao fluxo produtivo da organização, para se perceber todo o processo de produção de um componente aeronáutico e documentação associada.

Visto que todo o trabalho de inspeção de componentes exige conhecimentos sólidos na área da Metrologia dimensional, tornou-se fundamental consolidar competências nesta área, objetivo que foi concretizado ao longo do estágio.

Com vista a contribuir para o melhoramento do processo de inspeção dos componentes aeronáuticos na empresa, foram identificados e analisados no decorrer do trabalho realizado, os problemas presentes quer ao nível da produção quer da inspeção e feitas propostas de melhoria, postas em prática sempre que possível.

## **Abstract**

The following report summarizes the activities and field research undertaken in the internship at Caetano Aeronautic company within the course unit "Thesis / Project / Internship" of the Master in Instrumentation Engineering and Metrology from the School of Engineering, Polytechnic of Porto.

The training aimed to acquire the skills needed to perform the inspection of aircraft components, an activity present throughout the entire production process of the company.

The aeronautic industry is a widely technology sector and its Quality Management System has a vast documental support associated. In a first phase, it was carried out an intensive study about company's Quality Management System in order to realize which documents are inherent to the system and their respective contents.

Then, it was necessary to carry out an analysis of the production flow organization to realize the producing process of an aircraft component and its associated documentation.

Since all the components inspection work requires sound knowledge in dimensional metrology area, it has become crucial to consolidate skills in this field, a goal that was achieved during the internship.

In order to improve the company's inspection process of aircraft components, problems related to the production and inspection, were identified and analyzed, and suggestions were made on how to improve them and implemented whenever it was possible.

## **Agradecimentos**

O presente trabalho resulta do meu esforço pessoal, e a colaboração que me foi prestada assumiu um papel importante, por isso, gostaria de aqui expressar o meu reconhecimento e sinceros agradecimentos a todos os que me ajudaram a realizar este objetivo pessoal.

Começaria por agradecer ao Eng. Jorge Rodrigues, meu orientador neste projeto pela oportunidade dada e apoio.

A toda a equipa da Caetano Aeronautic, em especial à Maria Rodrigues, pela partilha de conhecimentos, pela sua amizade, dedicação e disponibilidade, fatores muito importantes na concretização deste projeto.

À minha colega de Laboratório e Mestrado, Nádía Amaro, um muito obrigada por toda a amizade e disponibilidade.

À Prof<sup>a</sup>. Maria Cristina Ribeiro pelo contributo prestado na orientação do estágio, pelo acompanhamento do mesmo e pela disponibilidade que sempre demonstrou para me esclarecer e apoiar no sentido de elaborar este relatório.

A todos os colegas de Mestrado, agradeço o apoio e motivação que ajudaram à concretização deste projeto. Um especial agradecimento à Marina Santos pela partilha de bons momentos, a ajuda e os estímulos nas alturas de desânimo.

Um especial agradecimento, ao Eduardo, pelo apoio incondicional e motivação constante ao longo dos últimos meses.

A toda a minha família, em particular os meus pais e madrinha, pelo apoio, preocupação e acompanhamento constantes no desenvolvimento deste projeto.

## **Reserva de informação**

De forma a manter a confidencialidade exigida por parte dos clientes da empresa Caetano Aeronautic, houve necessidade de não se utilizarem no presente documento as designações reais de determinadas informações, nomeadamente no que diz respeito a dados específicos sobre os produtos e normas de referência fornecidas pelos clientes, protegendo assim a propriedade intelectual a todos os níveis.

## Índice

Resumo .....	I
Abstract.....	II
Agradecimentos .....	III
Reserva de informação .....	IV
Índice .....	V
Índice de figuras .....	VI
Índice de tabelas .....	IX
Abreviaturas, Acrónimos e Siglas .....	X
Capítulo 1 – Introdução .....	1
1.1    Âmbito e enquadramento do trabalho.....	1
1.2    Motivação .....	4
1.3    Objetivos.....	4
1.4    Organização do relatório.....	5
Capítulo 2 – Enquadramento Teórico do Trabalho .....	6
2.1    Metrologia como subsistema da Qualidade .....	6
2.2    Abordagem ao Sistema de Gestão da Qualidade da Caetano Aeronautic e Certificação pela Norma EN 9100.....	7
Capítulo 3 – Fluxo Produtivo .....	15
3.1    Documentação associada .....	16
3.2    Processos de inspeção no controlo da qualidade .....	24
3.2.1    Inspeção no abastecimento de matéria-prima.....	24
3.2.2    Inspeção na produção dos componentes aeronáuticos.....	26
3.2.3    Inspeção no laboratório de Metrologia .....	31
3.2.3.1    Instrução de verificação.....	33
3.2.3.2    Registos resultantes das verificações dimensionais.....	37
3.2.3.3    Interpretação de desenhos técnicos aeronáuticos e normas associadas...	38
3.2.3.4    Tolerâncias na cotagem .....	52
Capítulo 4 – Equipamentos de Medição e Monitorização.....	63
4.1    Infraestruturas do Laboratório de Metrologia.....	63
4.2    Gestão de equipamentos de medição e monitorização .....	67
4.3    Equipamentos utilizados nas diferentes medições.....	77
4.4    Fontes de influência .....	82
Capítulo 5 – Discussão geral do trabalho realizado .....	85
Capítulo 6 – Perspetivas de trabalho futuro.....	91
Referências .....	92
Anexos.....	94

## Índice de figuras

Figura 1 – Maquete representativa da organização. ....	2
Figura 2 – Organigrama representativo da estrutura interna da organização. ....	3
Figura 3 – Modelo de um sistema de gestão de qualidade baseado em processos. ....	7
Figura 4 – Diagrama representativo da estrutura documental do SGQ da CAER. ....	8
Figura 5 – Modelo do mapa de processos da CAER. ....	9
Figura 6 – <i>Template</i> utilizado na CAER para elaborar um processo. ....	10
Figura 7 – <i>Template</i> utilizado na CAER para elaborar um procedimento. ....	13
Figura 8 – Representação do fluxo produtivo com destaque para a presença da inspeção dos componentes aeronáuticos. ....	15
Figura 9 – Exemplo da 1ª página do <i>template</i> do documento ordem de produção. ....	18
Figura 10 – Organização da estrutura das operações no documento ordem de produção. ....	19
Figura 11 – Exemplo da 2ª página do <i>template</i> do documento ordem de produção. ....	20
Figura 12 – Operação definida na ordem de produção para a verificação dimensional interna. ....	21
Figura 13 – Operação definida na ordem de produção para o embalamento e envio ao subcontratado. ....	23
Figura 14 – Peça rececionada após regresso do subcontratado, com pintura e marcação. ....	23
Figura 15 – Matéria-prima armazenada em estantes na zona de armazém. ....	24
Figura 16 – Etiqueta utilizada para a identificação de matéria-prima. ....	25
Figura 17 – Medição da matéria-prima com recurso a paquímetro. ....	25
Figura 18 – Medição da matéria-prima com recurso a fita métrica. ....	25
Figura 19 – Peça de industrialização na respetiva caixa com documentação associada. ....	27
Figura 20 – Peças fabricadas armazenadas em caixa e documentação associada. ....	28
Figura 21 – Zona da produção destinada aos acabamentos das peças. ....	28
Figura 22 – Ordens de produção a aguardar entrada no laboratório. ....	29
Figura 23 – Ordem de produção que contém peça considerada como produto suspeito. ....	29
Figura 24 – Estantes colocadas no laboratório para armazenar as OP. ....	30
Figura 25 – Fluxo definido para armazenamento das ordens de produção quando se encontram nas estantes do laboratório. ....	31
Figura 26 – 1ª página de uma instrução de verificação elaborada durante o estágio. ....	35
Figura 27 – 2ª página de uma instrução de verificação elaborada durante o estágio. ....	37
Figura 28 – Exemplo de um desenho técnico fornecido pelo cliente. ....	39
Figura 29 – Exemplos de notas existentes num desenho técnico fornecido pelo cliente. ....	39
Figura 30 – Elementos 1,2,3 e 4 presentes na zona de identificação de um desenho técnico. ....	40
Figura 31 – Elementos 5,6,7 e 8 presentes no desenho técnico fornecido pelo cliente. ....	41
Figura 32 – Linha central das irregularidades do perfil de uma superfície. ....	42
Figura 33 – Simbologia geral para indicação do grau de acabamento superficial. ....	44

Figura 34 – Indicação no desenho técnico de elementos sujeitos a proteção especial .....	45
Figura 35 – Indicação no desenho técnico de elemento com classe de segurança e sem classe de segurança.....	45
Figura 36 – Elementos 9,10 e 11 presentes no desenho técnico fornecido pelo cliente.....	46
Figura 37 – Símbolo de marcação geral aplicado no desenho técnico.....	46
Figura 38 – Símbolo de marcação da peça evidenciado na zona de notas e na área gráfica do desenho técnico. ....	47
Figura 39 – Simbologia associada aos tipos de marcação que podem surgir no desenho técnico. ....	47
Figura 40 – Indicação de intercambiabilidade no desenho técnico fornecido pelo cliente. ....	48
Figura 41 – Elementos 12,13, 14, 15,16 e 17 presentes no desenho técnico fornecido pelo cliente.....	49
Figura 42 – Indicação de direção de grão utilizada no desenho técnico fornecido pelo cliente. ....	50
Figura 43 – Indicação TYP (típico) utilizada em desenho técnico. ....	51
Figura 44 – Indicação de espessura em desenho técnico. ....	51
Figura 45- Cotagem de definição dimensional. Tipos de cotas.....	53
Figura 46 – Representação em desenho técnico de linhas de cota.....	53
Figura 47 – Representação em desenho técnico de linhas de chamada ou extensão.....	53
Figura 48 – Representação em desenho técnico de cotagem de ângulos. ....	54
Figura 49 – Representação em desenho técnico de cotagem de raios.....	54
Figura 50 – Indicações para a cotagem de diâmetros e raios. ....	55
Figura 51 – Representação de linha para arestas de contorno não visível em desenho técnico..	55
Figura 52 – Representação de linha de corte em desenho técnico. ....	55
Figura 53 – Representação em desenho técnico para cotagem de chanfro. ....	56
Figura 54 – Representação em desenho técnico para cotagem de escareados. ....	57
Figura 55 – Representação de cotas toleranciadas em desenho técnico .....	57
Figura 56 – Representação de cotas não toleranciadas em desenho técnico. ....	58
Figura 57 – Representação gráfica de uma peça fabricada na CAER.....	58
Figura 58 – Representação gráfica de uma peça produzida na CAER.....	59
Figura 59 – Representação gráfica de uma peça produzida na CAER.....	61
Figura 60 – Representação gráfica de uma peça produzida na CAER.....	61
Figura 61 – Laboratório de Metrologia da CAER.....	64
Figura 62 – Quadro Kaizen existente no laboratório da CAER .....	66
Figura 63 – Ficha de identificação do EMM0084 existente no Laboratório da CAER. ....	72
Figura 64 – Equipamento com etiqueta de identificação a evidenciar uso sem restrições.....	73
Figura 65 – Equipamento com etiqueta de identificação a evidenciar uso com restrições .....	74
Figura 66 – Equipamento com etiqueta de identificação a evidenciar que está fora de serviço .	75
Figura 67 – Equipamento com etiqueta de identificação a evidenciar que está sujeito a verificação.....	75

Figura 68 – <i>Template</i> para ficha de verificação de EMM utilizada na CAER.....	76
Figura 69 – Ilustração de uma medição de interiores com recurso a paquímetro .....	77
Figura 70 – Ilustração de uma medição de exteriores com recurso a paquímetro.....	78
Figura 71 – Ilustração de uma medição entre dois furos existentes numa peça com recurso a paquímetro.....	78
Figura 72 – Desenho técnico com diâmetro de 8 mm e tolerância definida pelo cliente.....	79
Figura 73 – Ilustração da medição de um furo com recurso a um micrómetro de interiores .....	79
Figura 74 – Ilustração da medição de cotas lineares com recurso ao graminho .....	80
Figura 75 – Ilustração da medição de cota angular de uma peça com recurso ao goniómetro ...	80
Figura 76 – Ilustração da medição de raio exterior e interior com recurso a um escantilhão .....	81
Figura 77 – Ilustração de medição da rugosidade com recurso ao rugosímetro .....	81
Figura 78 – Ilustração de medição de cotas gerais de uma peça com recurso à MMC.....	82
Figura 79 – Fatores de influência num processo produtivo. ....	83
Figura 80 – Fontes de incerteza num processo de medição. ....	83
Figura 81 – Fontes de incertezas na medição por coordenadas.....	84
Figura 79 – Quadro auxiliar para a gestão diária das tarefas de inspeção.....	89

## Índice de tabelas

Tabela 1 – Política da Qualidade da organização.....	8
Tabela 2 – Objetivo de cada um dos processos da CAER .....	11
Tabela 3 – Simbologia associada a rugosidade superficial e seu significado .....	43
Tabela 4 – Tabela utilizada para determinar a tolerância de cotas angulares .....	59
Tabela 5 – Tabela utilizada para determinar a tolerância de cotas lineares .....	60
Tabela 6 – Tabela utilizada para determinar a tolerância de raios de curvatura .....	60
Tabela 7 – Metodologia para a aquisição de um novo EMM.....	68
Tabela 8 – Metodologia para a monitorização de um EMM.....	69
Tabela 9 – Metodologia para a reparação de um EMM .....	70
Tabela 10 – Plano de calibração para EMM da CAER.....	71

## Abreviaturas, Acrónimos e Siglas

CAER	Caetano Aeronautic
CNC	Controlo Numérico Computorizado
CEO	Chief Executive Officer (Diretor Executivo)
QAS	Direção de Qualidade
ENG	Direção de Engenharia
PRD	Direção de Produção
PRC	Direção de Compras
FIN	Departamento Financeiro
ICT	Departamento Informático
HRD	Recursos Humanos
SGQ	Sistema de Gestão de Qualidade
ISO	Organização Internacional de Normalização
SPQ	Sistema Português da Qualidade
NP	Norma Portuguesa
EN	Norma Europeia
PR	Processo
PC	Procedimento
IT	Instrução de Trabalho
IV	Instrução de Verificação
IM	Instrução de Manutenção
OP	Ordem de Produção
FAI	Artigo de Primeira Inspeção (First Article Inspection)
DG	Documento Gráfico
LPI	Lista de Partes
SAP	Systems, Applications, Products
PN	Part Number
MAP	Meio Auxiliar de Produção
CoC	Certificado de Conformidade
MPS	Plano Mestre de Produção
MMC	Máquina de Medição por Coordenadas
EMM	Equipamento de Medição e Monitorização

## Capítulo 1 – Introdução

### 1.1 Âmbito e enquadramento do trabalho

O Grupo Salvador Caetano nasceu em 1946, através de uma pequena empresa familiar – a Martins, Caetano e Irmão –, e hoje está presente em diversos países, para além de Portugal, como Espanha, Reino Unido, Alemanha, China, Cabo Verde e Angola.

O Grupo Salvador Caetano (SGPS), SA, empresa mãe, controla todo o grupo, define estratégias e realiza a coordenação de todas as atividades de negócio.

São três as unidades de negócio onde o Grupo atua, nomeadamente o negócio industrial e da representação da marca automóvel Toyota, o negócio de retalho automóvel multimarca e o negócio na área das tecnologias de informação, sendo este orientado essencialmente para o fornecimento de soluções verticais a diferentes setores de atividade, como o setor automóvel, as comunicações, a internet, a publicidade e as energias renováveis.

No que diz respeito à área industrial o grupo detém a Caetano Bus, SA, para a produção de autocarros (COBUS e CAETANO) para todo o mundo, a Caetano Components, SA, cuja área de atuação é na produção de componentes para indústria automóvel e componentes metálicos para outras indústrias e a mais recente Caetano Aeronautic SA, para a produção de componentes e subconjuntos metálicos e em material compósito para o setor aeronáutico.

O fundador, o Sr. Salvador Caetano deixou bem patente o seu lema “Sempre presente na construção do futuro”, e aliada à determinação do Grupo Salvador Caetano em crescer, surge a decisão de se estabelecer no setor aeronáutico, com a empresa Caetano Aeronautic. Em agosto de 2012 o Grupo Salvador Caetano assinou um acordo de parceria com a Airbus, em concreto a Airbus Military, para a produção de diversos componentes aeronáuticos metálicos e em material compósito.

As infraestruturas da Caetano Aeronautic (CAER) envolvem uma área de 6000 m<sup>2</sup>, dos quais 5500 m<sup>2</sup> correspondem a área industrial. A área industrial subdivide-se em duas zonas distintas, uma denominada de área de Metálicos, com cerca de 1000 m<sup>2</sup>, para o fabrico de componentes metálicos para a indústria aeronáutica. A segunda zona,

denominada de área de compósitos, com cerca de 4500 m<sup>2</sup>, para o fabrico de componentes compósitos igualmente destinados à indústria aeronáutica. A Figura 1 ilustra a maquete da organização.

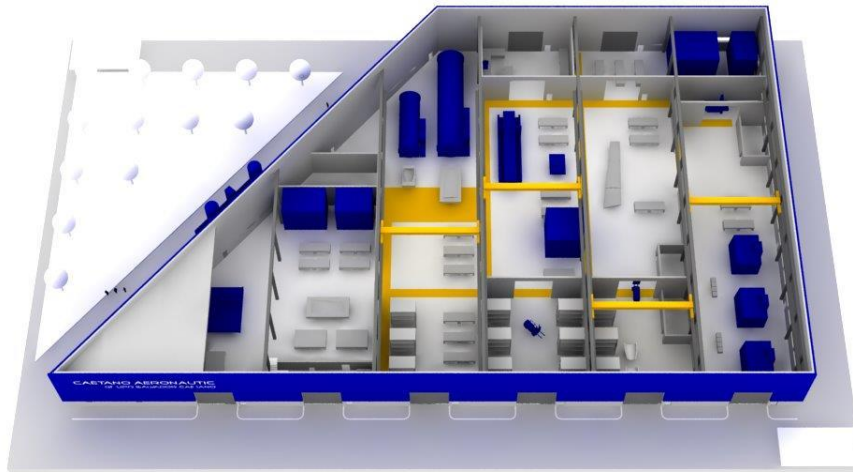


Figura 1 – Maquete representativa da organização.

Retirado de [1]

A CAER optou por iniciar em primeiro lugar a construção da área de produção de componentes metálicos. Os fundamentos desta escolha passam pelo facto de estes necessitarem de menor tempo de industrialização, exigirem um menor investimento inicial e pelo Grupo Salvador Caetano ter conhecimento e experiência na produção de peças metálicas. Os componentes metálicos envolvem peças maquinadas a partir de blocos de alumínio, aço e titânio, utilizados para a construção de componentes de incorporação direta em aviões e/ou para construção de moldes, ferramentas e gabaris de montagem e medição. Para esta atividade a CAER utiliza equipamentos CNC (Controlo Numérico Computorizado) de 3 e 5 eixos, bem como tornos CNC.

Atualmente a área de compósitos está a ser preparada para iniciar a produção em setembro de 2014. Irão ser produzidas peças laminadas, em fibra de vidro e/ou carbono, com possibilidade de incorporação de núcleos (espuma estrutural ou *honeycomb*) e insertos metálicos. Para esta atividade a CAER utilizará equipamentos para corte de fibras, cura de fibra (autoclave e estufa) e corte de aparas (CNC 5 Eixos).

Quanto à estrutura interna da CAER, esta subdivide-se em dois níveis principais: Diretor Geral (CEO) e Direções, sendo que o Diretor Geral corresponde à Gestão de Topo e as restantes direções integram a Equipa de Gestão.

São quatro as Direções que integram a CAER nomeadamente, Direção de Qualidade (QAS), Direção de Engenharia (ENG), Direção de Produção (PRD) e Direção de Compras/Logística (PRC). A CAER recorre a serviços partilhados com as restantes empresas do Grupo, no âmbito dos departamentos Financeiro (FIN), Informático (ICT) e Recursos Humanos (HR).

A Figura 2 representa o organigrama que ilustra a estrutura interna da empresa.

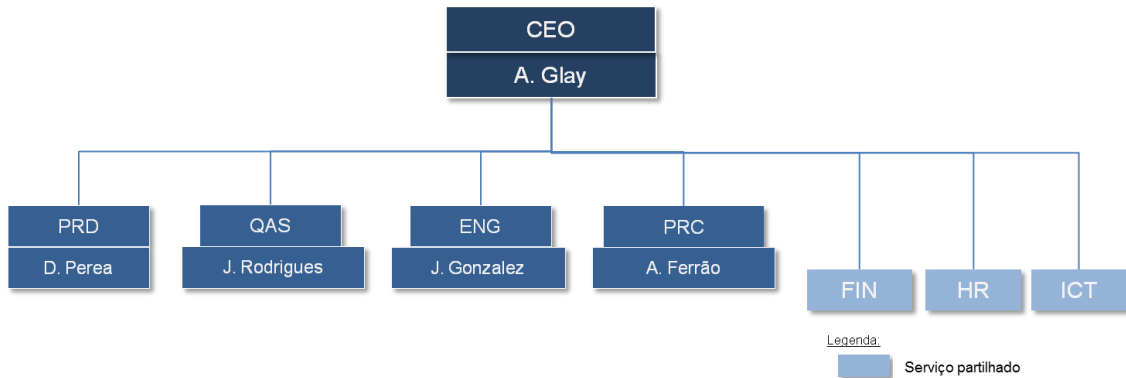


Figura 2 – Organigrama representativo da estrutura interna da organização.

Retirado de [1]

A equipa de trabalho da Direção de Qualidade é formada atualmente por sete elementos, sendo os quais o Diretor da Qualidade, três elementos responsáveis pela inspeção aeronáutica, dois elementos responsáveis pela engenharia de qualidade e um elemento responsável pela manutenção.

Apesar de a inspeção aeronáutica estar sob a alçada do QAS, todo o trabalho desenvolvido neste âmbito se relaciona com as outras direções, sendo estas relações bem evidenciadas pelo Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) da CAER, mais concretamente, ao nível de processos e procedimentos.

## 1.2 Motivação

A inspeção dos produtos é cada vez mais uma necessidade imposta pelos altos níveis de qualidade exigidos na indústria. Garantir a qualidade do produto exige muito da organização e requer um sistema bem estruturado de gestão da qualidade. Cada etapa do processo deve assegurar a qualidade do produto que está a ser produzido. Para tal é necessário o envolvimento de todos, desde a produção, engenharia de produção, fornecedores, compras, logística, e claro da qualidade, que se pode considerar intrínseca a cada uma das áreas referidas de uma organização. Através dos documentos da qualidade consegue-se informações que permitem monitorar todo o processo de fabrico, bem como a forma como cada operação deve ser executada. Só assim se consegue dar cumprimento aos requisitos exigidos pelo cliente.

Este trabalho aborda a problemática da inspeção dos componentes numa indústria aeronáutica, um processo determinante para a garantia da qualidade do produto final.

## 1.3 Objetivos

O trabalho a realizar tinha como principal objetivo a concretização da inspeção de componentes aeronáuticos. Dada a complexidade inerente a este objetivo, sentiu-se a necessidade de o subdividir em várias subtarefas, como:

- Estudo do Sistema de Gestão da Qualidade da Caetano Aeronautic;
- Análise de documentação associada ao processo produtivo;
- Análise de documentação associada à inspeção aeronáutica;
- Estudo de várias normas específicas e fundamentais à inspeção aeronáutica;
- Preparação para o exame de homologação de verificadores da Airbus;
- Análise do processo de Gestão e Calibração dos Equipamentos de Medição e Monitorização da Caetano Aeronautic;
- Realização de verificações dimensionais em diferentes componentes aeronáuticos;
- Avaliação de medidas de melhoria ao processo de inspeção.

## 1.4 Organização do relatório

Nesta secção pretende-se fazer uma síntese dos principais temas a abordar nos capítulos seguintes. Assim, o segundo capítulo consiste num enquadramento teórico dos tópicos tratados neste relatório, abordando toda a estrutura documental inerente ao Sistema de Gestão e Qualidade da Caetano Aeronautic. No capítulo seguinte, efetua-se uma abordagem ao Fluxo Produtivo e à documentação inerente ao mesmo. É neste capítulo que se insere todo o trabalho desenvolvido no âmbito da inspeção de componentes aeronáuticos, tema central do estágio. O 4º capítulo, Equipamentos de Medição e Monitorização, refere-se às infraestruturas disponíveis na CAER para a concretização de medições e processo de gestão e calibração de equipamentos. Por último, faz-se a discussão do trabalho realizado e indicam-se as principais conclusões obtidas após todo o desempenho ao nível da inspeção aeronáutica bem como as perspetivas de trabalho a desenvolver futuramente.

## Capítulo 2 – Enquadramento Teórico do Trabalho

### 2.1 Metrologia como subsistema da Qualidade

A nível industrial está generalizada a certificação das empresas segundo um modelo de gestão baseado na série de normas ISO 9000.

Segundo o Decreto-lei nº142/2007, de 27 de Abril, *o Sistema Português da Qualidade (SPQ) representa o conjunto integrado de entidades e organizações interrelacionadas e interactuantes que, seguindo princípios, regras e procedimentos aceites internacionalmente, congrega esforços para a dinamização da qualidade em Portugal e assegura a coordenação dos três subsistemas – da normalização, da qualificação e da Metrologia – com vista ao desenvolvimento sustentado do País e ao aumento da qualidade de vida da sociedade em geral [2].*

*É através do subsistema da Metrologia que se garante rigor e exatidão das medições realizadas, assegurando a sua comparabilidade e rastreabilidade, quer a nível nacional quer internacional.*

Os outros dois subsistemas, o subsistema da normalização, *enquadra atividades de elaboração de normas e outros documentos de caracter normativo no âmbito nacional, europeu e internacional* e o subsistema da qualificação *enquadra atividades de acreditação, certificação e outras de reconhecimento de competências e de avaliação de conformidade, no âmbito do SPQ.*

A Metrologia, considerada a ciência da medição, pode ser dividida em três categorias gerais: a Metrologia Científica, a Metrologia Industrial e a Metrologia Legal.

O trabalho desenvolvido ao longo do estágio insere-se claramente no subsistema da Metrologia, nomeadamente na Metrologia Industrial.

A Metrologia Industrial surge no âmbito das medições ao nível da produção e transformação de bens ou para demonstração da qualidade metrológica em organizações com sistemas de qualidade certificados. Relaciona-se com as medições realizadas em processos de fabrico e durante o controlo de qualidade dos diferentes produtos e serviços. Assenta numa cadeia hierarquizada de padrões existentes em laboratórios e empresas, padrões estes rastreáveis a padrões primários (internacionais e nacionais) [3].

## 2.2 Abordagem ao Sistema de Gestão da Qualidade da Caetano Aeronautic e Certificação pela Norma EN 9100

A CAER tem como visão oferecer aos seus clientes produtos de qualidade, cumprindo os prazos estipulados, por forma a satisfazer as suas necessidades de forma competitiva. Toda a organização é baseada num SGQ suportado nas normas aplicáveis como as normas internacionais NP EN ISO 9001 - Sistemas de Gestão da Qualidade - Requisitos e EN 9100:2009 - Aerospace series – quality management systems – requirements and quality systems – model for quality assurance in design, development, production, installation and servicing.

Os SGQ das organizações do setor aeronáutico devem estar focados em processos. Neste sentido é importante perceber, segundo a norma NP EN ISO 9000, o que significa uma abordagem por processos [4].

Quando uma dada atividade ou conjunto de atividades utiliza recursos que transformam entradas (*inputs*) em saídas (*outputs*), pode ser considerada um processo. Numa organização é necessário identificar e gerir numerosos processos relacionados e que interagem entre si. Com frequência a saída de um processo constitui a entrada do processo seguinte.

A Figura 3 ilustra o sistema de gestão de qualidade baseado em processos e descrito na família de normas ISO 9000.

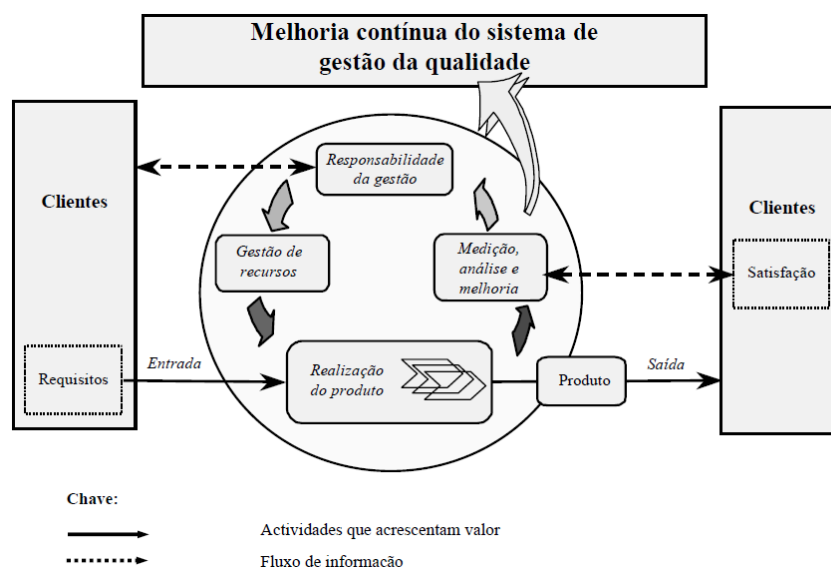


Figura 3 – Modelo de um sistema de gestão de qualidade baseado em processos.

Retirado de [4]

A norma EN 9100:2009 que inclui os requisitos do SGQ da norma NP EN ISO 9001 adicionando-lhe os requisitos específicos da indústria aeroespacial, serviu como referência para a implementação do SGQ da Caetano Aeronautic cuja estrutura documental está evidenciada na Figura 4[5].



Figura 4 – Diagrama representativo da estrutura documental do SGQ da CAER.

Retirado de [1]

A origem da estrutura documental está na política da qualidade, elaborada com base em 7 princípios, evidenciados na Tabela 1.

Tabela 1 – Política da Qualidade da organização.

Adaptado de [1]

<b>Clientes</b>	Desenvolver uma forte cultura orientada para o cliente, com o intuito de o conquistar, reforçar a nossa imagem e sermos reconhecidos como uma empresa de confiança.
<b>Liderança</b>	Promover a consciencialização de todos garantindo a implementação da Qualidade Total, a segurança das pessoas e bens e o alcance dos objetivos da organização.
<b>Acionistas</b>	Assegurar que a melhoria contínua do nosso desempenho satisfaz as expetativas dos nossos acionistas.
<b>Formação de Colaboradores</b>	Promover as formações necessárias para todos os colaboradores garantindo um processo contínuo de aquisição de conhecimentos.
<b>Satisfação e Envolvimento dos Colaboradores</b>	Promover e valorizar as pessoas e o trabalho em equipa, recorrendo a avaliações contínuas de conhecimentos e capacidades, assegurando uma comunicação eficaz (ascendente e descendente), partilhando sucessos e alcançando a satisfação pessoal.
<b>Parceiros/Fornecedores</b>	Desenvolver uma colaboração ativa com os nossos parceiros/fornecedores, promovendo a melhoria contínua e atingindo os nossos objetivos.

A organização cumpre um dos requisitos da norma EN 9100:2009 quando disponibiliza o manual da qualidade, que orienta todos os colaboradores para o cumprimento dos requisitos estabelecidos pela norma e permite familiarizar os clientes da CAER com o seu SGQ bem como com as suas práticas.

Como já referido anteriormente, e de acordo com os requisitos estabelecidos pela norma, a CAER apresenta uma organização por processos, estando o modelo do mapa de processos representado na Figura 5.




Figura 5 – Modelo do mapa de processos da CAER.

Retirado de [6]

Pelo mapa acima ilustrado verifica-se que existem 13 processos, divididos em 3 grandes grupos: os processos de gestão, os processos operacionais e os processos de suporte.

Existe um modelo (*template*) para definir e documentar os processos da CAER, que se apresenta na Figura 6.

 CAETANO AERONAUTIC  
GRUPO SALVADOR CAETANO

**NOME DO PROCESSO**

**PR00.0** Dono do Processo: -

Fornecedores	Entradas	Saídas	Clientes

Objetivo	Recursos

Atividades	Responsabilidades	Documentação e Registos	Descrição
	CEO COM ENG PRD PRC QAS ESM HR FIN ICT		
↓			

**Legenda:** ● Responsável ○ Envolvido

Ligações com Outros Processos		Monitorização e Controlo
Montante	Jusante	Indicadores

Elaboração | Revisão | Aprovação

CA002

Versão | Data | Pág./Págs.  
00 | aaaa.mm.dd | 1/1

Figura 6 – *Template* utilizado na CAER para elaborar um processo.

Adaptado de [7]

O *template* contempla os campos necessários à definição de um processo, desde as entradas e saídas do processo com os respetivos fornecedores (departamentos ou entidades que as originam) e clientes (departamentos ou entidades aos quais se destinam), bem como o objetivo do processo e os recursos que a organização deve disponibilizar para a concretização das suas atividades. São 13 os processos da CAER, e o objetivo de cada um está indicado na Tabela 2.

Tabela 2 – Objetivo de cada um dos processos da CAER.

Adaptado de [1]

PR01.0	Gestão Corporativa
	Desdobrar a estratégia, definir objetivos e atividades para a cumprir, garantindo o envolvimento e a participação de todos.
PR02.0	Gestão de Programas
	Gerir e planear as necessidades dos clientes para as encomendas/contratos adjudicados de forma a ir ao encontro dos seus requisitos.
PR03.0	Vendas
	Dinamizar o contacto com os clientes atuais e/ou potenciais e fomentar a visibilidade da Caetano Aeronautic nos mercados alvo.
PR04.0	Industrialização
	Desenvolver um produto ou processo produtivo eficaz e eficiente que responda aos requisitos do cliente, legais e regulamentares.
PR05.0	Gestão da Produção
	Produzir de acordo com o planeamento estabelecido, em conformidade com os requisitos e de forma eficaz e eficiente.
PR06.0	Compras
	Adquirir e disponibilizar materiais, máquinas, meios e serviços nos padrões qualitativos pré-estabelecidos e nos prazos definidos a preços/custos competitivos.
PR07.0	Gestão da <i>Supply Chain</i>
	Efetuar uma gestão eficaz e eficiente da cadeia de fornecimento de forma a assegurar que os prazos de entrega são cumpridos de acordo com os requisitos estabelecidos.
PR08.0	Gestão da Qualidade
	Gerir os documentos, registos e ferramentas do sistema da qualidade de forma eficaz e enquadrada com os requisitos legais, normativos e dos <i>stakeholders</i> .
PR09.0	Gestão dos Recursos Humanos
	Captar, desenvolver e reter os Colaboradores da CAER tendo em conta as competências necessárias para a atividade e objetivos da Empresa.
PR10.0	Gestão da Manutenção
	Garantir a disponibilidade das infraestruturas, equipamentos e meios auxiliares de produção, mantendo o seu funcionamento regular e permanente.
PR11.0	Ambiente, Higiene e Segurança
	Exercer a atividade industrial de maneira ambientalmente sustentável, inteiramente segura e promotora da saúde, de acordo com as regras de segurança e ambiente.
PR12.0	Logística
	Gerir o fluxo de produtos e materiais de forma eficaz e eficiente, garantindo atempadamente a disponibilidade dos mesmos.

Analisando a estrutura documental da CAER (Figura 4) verifica-se que os procedimentos estão posicionados imediatamente abaixo dos processos.

Quando se efetua a descrição de uma atividade de um processo, uma descrição textual pode não ser o suficiente, e nesse sentido surge o procedimento documentado, com maior detalhe do que o de um processo. O procedimento é uma descrição detalhada de todas as operações necessárias para a realização de uma determinada atividade, que pode incluir em anexo, esquemas, desenhos, etc, ou seja, toda a informação que se considere relevante para a descrição da atividade. Os procedimentos, considerados de carácter obrigatório, de acordo com a norma EN 9100:2009, são:


- Controlo de Documentos
- Controlo de Registos
- Auditorias Internas
- Controlo do Produto Não Conforme
- Ações Corretivas
- Ações Preventivas

Para a elaboração dos procedimentos foi criado um *template* que contempla os campos necessários à definição dos mesmos e uma codificação comum que permite relacioná-los com os processos a que pertencem. A designação segue um padrão, com a seguinte forma:

PCpp.p\_sss Designação do Procedimento

As letras PC correspondem a uma codificação comum a todos os processos, os campos “pp.p” indicam o processo que está na origem do referido procedimento, o campo “sss”, representa um número sequencial atribuído aos procedimentos relativos a cada processo.

A Figura 7 representa o *template* adotado para um procedimento.


**CAETANO AERONAUTIC**  
 GRUPO SALVADOR CAETANO

PROCEDIMENTOS/PROCEDURES  
**DESIGNAÇÃO DO PROCEDIMENTO**

PC00.0\_000

---

1. **OBJETIVO**
2. **ÂMBITO**
3. **DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS**
  - 3.1 **Definições**
  - 3.2 **Abreviaturas**
4. **METODOLOGIA**

Fluxograma	Descrição das Atividades	Responsabilidade e/ou Colaboração	Documentos Associados
		R- C-	
		R- C-	

C – Colaboração; R – Responsabilidade

5. **LISTA DE ALTERAÇÕES**

Versão	Data	Descrição das alterações	Elaborado	Revisto	Aprovado
00	aaaa.mm.dd	Emissão	-	-	-

6. **REGISTOS**
7. **ANEXOS**

Elaborado/Elaboration	Revisto/Reviewed	Aprovado/Approved	Versão/Version	Data/Date	Page/Pages
-	-	-	00	aaaa.mm.dd	1 / 1

CA003
Qualquer impressão/Cópis deste documento é considerado não controlada, devendo ser confirmada a sua atualização.  
Any hardcopy of this document is considered uncontrolled and so possibly not up to date.

Figura 7 – *Template* utilizado na CAER para elaborar um procedimento.

Adaptado de [8]

À data da elaboração deste relatório, foram identificados um total de 40 procedimentos, associados aos diversos processos da organização.

Continuando a analisar a estrutura documental (Figura 4), verifica-se que os dois últimos níveis da estrutura são as Instruções e Registos.

Instruções são documentos criados para documentar e explicar uma atividade específica, do âmbito operacional. São exemplos as instruções de trabalho (IT), as instruções de verificação (IV) e as instruções de manutenção (IM).

As instruções de trabalho bem como as instruções de verificação são realizadas no âmbito do desenvolvimento do processo produtivo. Quanto às instruções de manutenção, são elaboradas quando ocorre receção e instalação de máquinas e meios auxiliares.

Um registo, de acordo com a norma NP EN ISO 9000:2005, consiste num documento que expressa resultados obtidos ou fornece evidência das atividades realizadas. De acordo com a norma EN 9100:2009 é necessário criar um procedimento documentado para o controlo dos registos e a CAER cumpre este requisito, pois tem um procedimento com o objetivo de garantir que os registos são identificados, armazenados e protegidos de forma a mantê-los legíveis, prontamente identificáveis e recuperáveis, e com tempo de armazenamento definido.

Tendo em conta o setor em que a empresa se insere, a maioria dos componentes a incorporar nos aviões requer uma rastreabilidade até à origem da matéria-prima, pelo que é fundamental que se efetue o controlo dos registos. Quando, neste âmbito, se refere o conceito de rastreabilidade, significa que a partir do número de série de um componente aeronáutico se consegue obter toda a documentação associada à sua fabricação.

Apresentada a estrutura documental da CAER é importante referir quais os processos e os procedimentos onde há maior intervenção por parte de quem efetua a inspeção aeronáutica. Os processos em questão são o PR04.0 Industrialização, PR05.0 Gestão da Produção e o PR08.0 Gestão da Qualidade. Quanto aos procedimentos, são os seguintes:

- Inspeção de primeiro artigo (PR04.0);
- Controlo do produto não conforme (PR05.0);
- Controlo de documentos (PR08.0);
- Controlo de carimbos (PR08.0);
- Gestão dos equipamentos de medição e monitorização (PR08.0).

## Capítulo 3 – Fluxo Produtivo

Para garantir a qualidade esperada de um produto, deve efetuar-se um controlo das diferentes fases do processo produtivo. A inspeção e naturalmente a Metrologia estão presentes em várias fases do fluxo produtivo, desde o início até ao final da conceção da peça.

A Figura 8 ilustra, de uma forma simplificada, o “percurso” de uma peça, com destaque para as fases de inspeção.

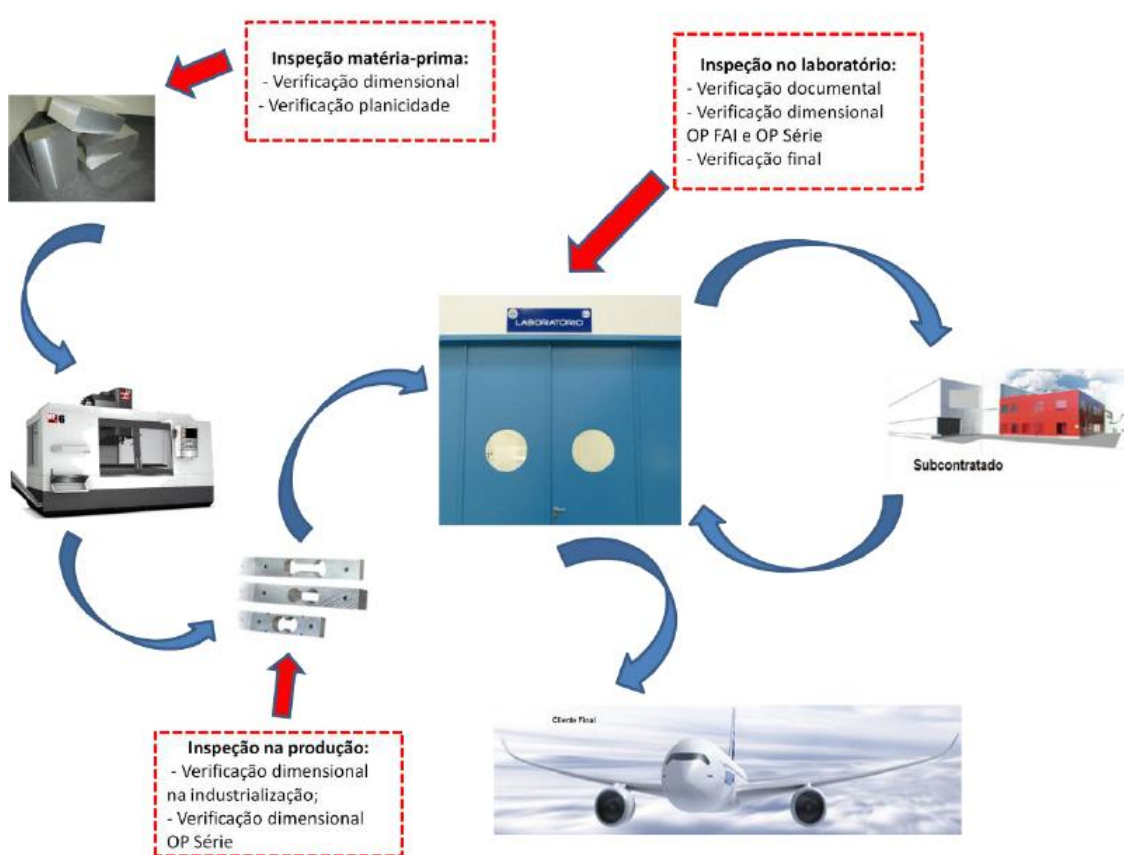


Figura 8 – Representação do fluxo produtivo com destaque para a presença da inspeção dos componentes aeronáuticos

As seguintes secções do relatório pretendem explicar, com maior detalhe, o fluxo evidenciado pela Figura 8. Irão iniciar-se com uma breve explicação sobre a documentação utilizada, pois esta é fundamental na área aeronáutica.

### 3.1 Documentação associada

Toda a documentação técnica é disponibilizada pela Airbus Military para que a Direção de Engenharia da CAER a possa analisar e organizar internamente, de maneira a preparar toda a configuração do produto pretendido. Após esta organização interna são fornecidas as informações necessárias à Direção de Produção para iniciar um planeamento do fabrico dos vários componentes aeronáuticos. Nesta fase é efetuado o lançamento de uma ordem de produção, OP. Uma ordem de produção indica o conjunto de operações necessárias para se obter um determinado componente aeronáutico e deve conter toda a informação necessária para a correta execução. Uma ordem de produção pode ser criada para uma única peça ou várias peças, e específica:

- O percurso a seguir para a produção do componente;
- As operações a realizar, sob a respetiva ordem;
- A documentação de referência necessária.

As ordens de produção são de dois tipos, OP FAI (First Article Inspection), ou OP Série. A primeira OP a ser emitida é uma OP FAI ordem de produção para a fabricação da(s) primeira(s) peça(s).

Uma OP FAI diz respeito a todo o processo completo e documentado de um elemento que assegura que os métodos e ferramentas de produção garantem um produto conforme, de acordo com os desenhos, especificações dadas pela Engenharia e requisitos do contrato. Certifica todo o processo de fabrico, desde o método às pessoas envolvidas. Desta forma, uma inspeção de OP FAI tem que ser bastante detalhada e exigente. A OP FAI é obrigatória para partes elementares (que não fazem parte de um conjunto), como as produzidas na CAER.

Com a OP FAI validada, assegura-se que a produção em série, desde que se empregue a mesma estrutura de processo e os mesmos meios e normas aplicáveis, conduz à obtenção de produtos idênticos aos da OP FAI. Assim, após a validação da OP FAI, pode ser lançada a OP Série, para a produção de peças em série, que não exige uma inspeção tão detalhada.


Quando ocorre o lançamento de uma OP, além do próprio documento, existem outros necessários, tanto para as FAI como para as Série, que acompanham em anexo a OP, sendo eles:

- OP de corte, se aplicável;

- Desenho técnico;
- Documento gráfico (DG), se aplicável;
- Lista de Partes (LPI), se aplicável;
- Instrução de trabalho;
- Instrução de verificação.

O desenho técnico é o documento mais importante que define um componente aeronáutico. Descreve características e propriedades desse componente, e fornece toda a informação necessária para a fabricação.

Os documentos auxiliares, como o documento gráfico, as instruções de trabalho, instruções de verificação, documentos de fabricação, são fornecidos pelo cliente ou elaborados pela ENG da empresa para que se efetue corretamente o fabrico dos componentes. Acrescenta-se ainda, apenas para as OP FAI, um outro documento, que se designa de relatório FAI. Uma OP pode ser composta por várias páginas. A Figura 9 pretende exemplificar a primeira página de uma OP.



**CAETANO AERONAUTIC**  
GRUPO SALVADOR CAETANO

**Ordem de Produção**

7100000397 A)

Material/Nível de revisão 200000206/A	Material CAER	Tipo de ordem PPA1 Ordem Produção Metálicos	Quantidade de ordem 1 UN
Denominação do produto		Início 09.04.2014	Fim 09.04.2014
Cliente		Número de reserva 8700019692	Data de criação 09.04.2014
Material Cliente		Designação Material Cliente B)	
Número de série 7100000397-001			
Atributos			
Identificável	Não	C)	
Intercambiável	Não		
Classe de Segurança I	Não		
Seriável	Não		
Substituível	Não		
Documentação Aplicável		Versão	
Documento		A	
D)		A	
		A	
		00	
		00	
		00	
		00	
		00	
		06	
		35	
		03	
		04	
		03	
		02	
		05	
		06	
		G	
		C	
		A	

Figura 9 – Exemplo da 1ª página do *template* do documento ordem de produção<sup>1</sup>.

Adaptado de [9]

Começando a análise pela zona assinalada por A), verifica-se o número a que corresponde a OP. A cada OP criada é atribuído um número de dez dígitos, sequencial, e iniciado por 71, sendo este número gerado através de uma ferramenta informática, SAP, que auxilia o SGQ da CAER. A zona B) corresponde aos dados de lançamento da OP, que integra várias informações, desde o material atribuído pela CAER para fabrico das peças, a denominação do produto que inclui o Part Number (PN) e designação atribuídos pelo cliente, o nome do cliente, a quantidade de unidades a que corresponde a

<sup>1</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

ordem de fabrico e as datas de início e final de fabrico. O PN da peça é um número que a identifica e vem sempre indicado na OP e documentos associados ao seu fabrico, como IT, IV, desenho técnico e outros documentos auxiliares. Quanto à zona C), esta indica os atributos da(s) peça(s) a ser(em) produzida(s). Atributos referem-se a categorias específicas que as peças podem ter, como por exemplo, serem seriáveis, intercambiáveis, substituíveis, identificáveis ou com classe de segurança e serão explicadas numa fase posterior do presente relatório. A zona D), denominada de Lista Técnica, diz respeito a toda a documentação associada, como a IV, a IT, o(s) desenho(s) necessário(s), o documento gráfico, bem como as normas utilizadas para a elaboração da OP e inerentes às operações. Toda a documentação associada inclui o respetivo índice de revisão atualizado.

Nas seguintes páginas da OP começam a ser estruturadas as várias operações necessárias ao fabrico da(s) peça(s). A estrutura das operações é comum, apenas sendo feitas alterações, se necessário, de acordo com a respetiva operação. A Figura 10 evidencia a estrutura geral das operações.

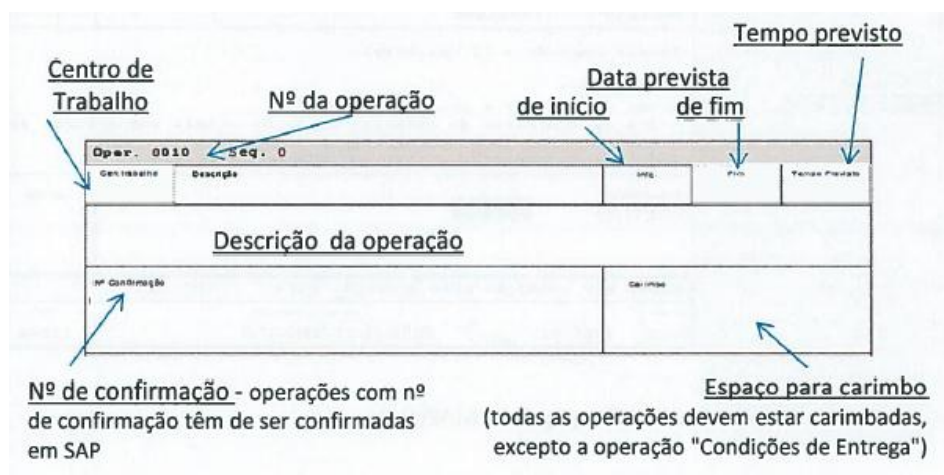


Figura 10 – Organização da estrutura das operações no documento ordem de produção.

Adaptado de [9]

A Figura 11 evidencia a segunda página de uma OP. É de salientar que as operações podem variar de OP para OP, o que faz com que cada operação possa “mudar de ordem” nas diferentes OP.

 <b>CAETANO AERONAUTIC</b> GRUPO SABADOR CAETANO		Número de ordem <b>7100000397</b> 												
<b>Ordem de Produção</b>														
Materia IC Inco		Designação Material Cliente												
<b>Oper. 0010 Seq. 0</b> <table border="1"> <tr> <th>Con. trabalho</th> <th>Descrição</th> <th>Inic.</th> <th>Fim.</th> <th>Tempo Previsto</th> </tr> <tr> <td>LOG0001</td> <td>CONDIÇÕES DE ENTREGA</td> <td>09.04.2014</td> <td>09.04.2014</td> <td>0,00 MIN</td> </tr> </table>					Con. trabalho	Descrição	Inic.	Fim.	Tempo Previsto	LOG0001	CONDIÇÕES DE ENTREGA	09.04.2014	09.04.2014	0,00 MIN
Con. trabalho	Descrição	Inic.	Fim.	Tempo Previsto										
LOG0001	CONDIÇÕES DE ENTREGA	09.04.2014	09.04.2014	0,00 MIN										
***** FABRICAR SEGUNDO DESENHO. *****														
Nº Continuação 0000575379		Carimbo												
<b>Oper. 0020 Seq. 0</b> <table border="1"> <tr> <th>Con. trabalho</th> <th>Descrição</th> <th>Inic.</th> <th>Fim.</th> <th>Tempo Previsto</th> </tr> <tr> <td>LOG0001</td> <td>APROVISIONAMENTO MATERIAL</td> <td>09.04.2014</td> <td>09.04.2014</td> <td>0,00 MIN</td> </tr> </table>					Con. trabalho	Descrição	Inic.	Fim.	Tempo Previsto	LOG0001	APROVISIONAMENTO MATERIAL	09.04.2014	09.04.2014	0,00 MIN
Con. trabalho	Descrição	Inic.	Fim.	Tempo Previsto										
LOG0001	APROVISIONAMENTO MATERIAL	09.04.2014	09.04.2014	0,00 MIN										
aprovisionar material indicado na lista de componentes.														
Nº Continuação 0000575380		Carimbo												
														
Componentes p/ operação 0020 Seq. 0														
Nº Item	Material	Nº Serie	Letra	Ord.										
0001	200000291 FORM 7050T7451PLA60-80-80		Mon/Dia 120	TUN										
<b>Oper. 0030 Seq. 0</b> <table border="1"> <tr> <th>Con. trabalho</th> <th>Descrição</th> <th>Inic.</th> <th>Fim.</th> <th>Tempo Previsto</th> </tr> <tr> <td>MEY0010</td> <td>FRESAGEM</td> <td>09.04.2014</td> <td>09.04.2014</td> <td>0,00</td> </tr> </table>					Con. trabalho	Descrição	Inic.	Fim.	Tempo Previsto	MEY0010	FRESAGEM	09.04.2014	09.04.2014	0,00
Con. trabalho	Descrição	Inic.	Fim.	Tempo Previsto										
MEY0010	FRESAGEM	09.04.2014	09.04.2014	0,00										
fresar segundo a IT aplicável.														
<b>**ATENÇÃO**</b> Antes de começar a operação assegurar: - Que as dimensões do material estão de acordo com a lista de componentes. - Que a IT entregue corresponde à indicada. - Que as ferramentas a utilizar são as indicadas na IT.														
Nº Continuação 0000575381		Carimbo												
														
Meios aux. produção para operação 0030 Seq. 0														
Nº Item	Meios aux. produção		Ord.	Inic.										
0010	2000179 FRCN-01-95-62504-0601		1.000	09.04.2014										
<b>Oper. 0040 Seq. 0</b> <table border="1"> <tr> <th>Con. trabalho</th> <th>Descrição</th> <th>Inic.</th> <th>Fim.</th> <th>Tempo Previsto</th> </tr> <tr> <td>MEY0001</td> <td>ACABAMENTOS</td> <td>09.04.2014</td> <td>09.04.2014</td> <td>0,00 MIN</td> </tr> </table>					Con. trabalho	Descrição	Inic.	Fim.	Tempo Previsto	MEY0001	ACABAMENTOS	09.04.2014	09.04.2014	0,00 MIN
Con. trabalho	Descrição	Inic.	Fim.	Tempo Previsto										
MEY0001	ACABAMENTOS	09.04.2014	09.04.2014	0,00 MIN										

Figura 11 – Exemplo da 2ª página do *template* do documento ordem de produção<sup>2</sup>.

Adaptado de [9]

A primeira operação corresponde às condições de entrega, ou seja, identifica, quando aplicável, modificações a introduzir no processo de fabricação, por indicação do cliente. Esta operação é a única em todo o documento que não necessita de ser carimbada por nenhum colaborador. O local de carimbo surge apenas por imposição do *template* do documento pré-definido desta forma para todas as operações.

<sup>2</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

A segunda operação diz respeito ao aprovisionamento; a logística é responsável por carimbar a operação indicando a quantidade de unidades de matéria-prima que são entregues. É necessário indicar também o lote de matéria-prima e a ordem de corte do material, se aplicável.

Quanto à operação seguinte, de fresagem, cabe ao operador que fabrica a(s) peça(s) carimbar a operação indicando a quantidade de unidades produzidas. Caso haja necessidade de utilizar meios de apoio à produção, vulgarmente designados por MAP, deve vir indicado nesta operação.

Após a fresagem surge a operação acabamentos onde se identificam condições de acabamentos finais efetuados às peças como, retirar rebarbas ou arredondar arestas. Nesta operação é exigido o manuseamento das peças com luvas. Cabe ao operador carimbar a operação indicando a quantidade de unidades onde realizou acabamentos.

A 5ª operação diz respeito à verificação dimensional interna, efetuada pela equipa de Metrologia. Analisando a Figura 12 observa-se a seguinte indicação: “Verificar A-A-B-G-X segundo”.

Oper. 0050		Seq. 0		
Con. Trabalho	Descrição	Inic.	Fin.	Tempo Previsto
CMM0001	VERIFICAÇÃO DIMENSIONAL INTERNA	09.04.2014	09.04.2014	0,00 MIN
<p>Verificar A-A-B-G-X segundo Verificar segundo IV aplicável.</p> <p><b>**ATENÇÃO**</b> O manuseamento das peças deve ser efetuado com luvas.</p> <p>Em caso de não conformidade, apontar: UNIDADES CONSTRUTIVAS NÃO CONFORMES   RELATÓRIO NÃO CONFORMIDADE</p>				
Nº Confirmação 0000575383		Código		

Figura 12 – Operação definida na ordem de produção para a verificação dimensional interna<sup>3</sup>.

Adaptado de [9]

Esta indicação surge no sentido de se dar cumprimento à referência normativa, relativa às categorias e tarefas de verificação<sup>4</sup>, fornecida pela Airbus Military. Existem duas categorias de operações de controlo, nomeadamente categoria A e categoria B. As operações de categoria A são consideradas obrigatórias e permitem assegurar a

<sup>3</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>4</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

qualidade do produto acabado. Surgem sempre depois de ocorrer uma operação de mecanizado ou outra transformação e sempre que se trata de últimas operações como operações de laboratório ou operações de montagem. As operações de categoria B são consideradas facultativas, podem ser vistas como categorias de prevenção e o seu uso obedece a critérios de rentabilidade e operacionalização do processo produtivo. Tanto para as operações de categoria A como B existem subcategorias de verificação e inspeção, também definidas por letras maiúsculas, de A até X (excluindo as letras I, O, Q, U e V), cada uma com o seu respetivo significado. Por exemplo, a subcategoria A significa que se deve comprovar características de qualidade segundo desenho, norma, entre outros, e com indicação do documento correspondente. Quanto à subcategoria B indica que se deve utilizar uma instrução de verificação. A subcategoria G implica identificar a peça segundo a OP, comprovar a documentação, bem como o aspeto visual exterior, desde golpes, a marcas que possam existir. A subcategoria X exige que a inspeção obrigatória seja efetuada por pessoal certificado para a verificação. Desta forma, consegue-se perceber quais as diferentes tarefas obrigatórias a serem cumpridas por quem efetua a verificação dimensional, pois a primeira letra que surge é um A, de categoria obrigatória, depois A-B-G-X que indicam as subcategorias a serem cumpridas, e já descritas anteriormente. Nesta operação surge também a indicação de que o manuseamento das peças deve ser efetuado com luvas.

Quando a operação de verificação dimensional termina e se detetam unidades não conformes, que não poderão ser aprovadas pois não preenchem os requisitos do cliente, atribui-se através do SAP um número de relatório de não conformidade. Este número é utilizado para preencher o campo destinado às *UNIDADES CONSTRUTIVAS NÃO CONFORMES/RELATÓRIO NÃO CONFORMIDADE*, evidenciado na Figura 12. Tal como nas operações anteriores, o documento é carimbado nesta operação e é necessário indicar a quantidade de peças aprovadas.

A operação seguinte, indicada na Figura 13, refere-se ao envio da ordem de produção para um subcontratado. Esta operação é carimbada por parte da logística e nela é indicado o número de peças expedidas.

Oper. 0060		Seq. 0		
Contratado	Descrição	Inic.	Fim	Tempo Previsto
LOG0001	EMBALAGEM E ENVIO A SUBCONTRATADO	18.02.2014	18.02.2014	0,00 MIN
<i>Proteger segundo IT_4004.  Enviar a subcontratado.</i>				
Nº Confirmação 0000567558		Carimbo		

Figura 13 – Operação definida na ordem de produção para o embalamento e envio ao subcontratado.

Adaptado de [9]

No subcontratado as peças passam por uma série de operações. Consoante as peças em questão, poderão realizar-se diferentes processos especiais, desde comprovação de dureza, anodização tartárico-sulfúrico ou mesmo aplicação de primário. A necessidade de subcontratação advém do facto de não se realizarem este tipo de ensaios na CAER.

Após o regresso dos componentes à CAER, um elemento pertencente ao QAS efetua uma inspeção final. De acordo com a referência normativa<sup>5</sup> que define os parâmetros para inspeção final, antes de se enviarem as peças para o cliente final, é necessário realizar uma recapitulação de todas as inspeções, controlos anteriores e dos seus comprovativos, a fim de assegurar que estão devidamente cumpridos. Deve verificar-se também se a identificação da peça e se a pintura foram efetuadas corretamente. A Figura 14 ilustra uma peça pintada e com a respetiva identificação.



Figura 14 – Peça rececionada após regresso do subcontratado, com pintura e marcação<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>6</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

Estando os elementos livres de discrepâncias, podem ser enviados para o cliente. A comprovação da integridade dos produtos regista-se e certifica-se mediante o preenchimento dos documentos Relatório de Controlo e Certificado de Conformidade (CoC). Como estas operações não são da competência da equipa de Metrologia, foram apenas referenciadas, não sendo alvo de desenvolvimento no presente relatório.

## 3.2 Processos de inspeção no controlo da qualidade

### 3.2.1 Inspeção no abastecimento de matéria-prima

Após o lançamento da OP por parte da produção, a logística encarrega-se de fazer o abastecimento da matéria-prima para que se avance com o processo produtivo.

Para um correto abastecimento é necessário um controlo dimensional e de características do material. A equipa de inspeção/Metrologia está presente nesta fase na medida em que é necessário efetuar medições aos materiais adquiridos, e verificar se as dimensões correspondem ao previamente contratado.

A matéria-prima pode ser fornecida em placas, em blocos ou em perfis e de diversas dimensões, como ilustra a Figura 15.



Figura 15 – Matéria-prima armazenada em estantes na zona de armazém

As dimensões pretendidas vêm indicadas em etiquetas, como as da Figura 16, onde, neste caso, se verifica que o bloco deve ter 20 mm de largura, 215 mm de comprimento e 8 mm de espessura.

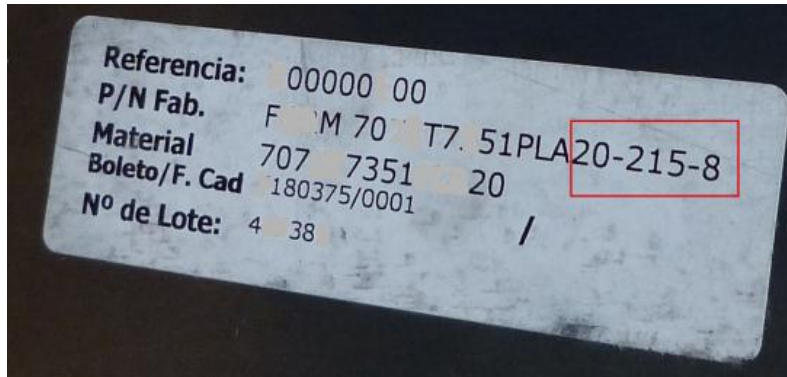


Figura 16 – Etiqueta utilizada para a identificação de matéria-prima

As tolerâncias relativamente às dimensões da matéria-prima fornecida em blocos são definidas internamente e está definido como limite inferior 0 mm, ou seja, a matéria-prima não pode vir com valor inferior ao pretendido. Já o limite superior é definido pela equipa de programadores das máquinas CNC pois, vai estar dependente das ferramentas e do método de maquinação, que pode precisar de mais ou menos matéria-prima.

As medições são efetuadas com recurso a paquímetro, caso as dimensões dos blocos o permitam, como evidenciado na Figura 17,



Figura 17 – Medição da matéria-prima com recurso a paquímetro

ou alternativamente através de fita métrica, como evidenciado na Figura 18.



Figura 18 – Medição da matéria-prima com recurso a fita métrica

Se o material está conforme, efetua-se o registo em SAP e carimba-se a documentação comprovando essa conformidade. O material é colocado no armazém, ou noutro local apropriado, sempre devidamente identificado.

Caso o material ou a documentação não estejam conformes, o subcontratado/fornecedor é contactado e o material permanece na zona de receção até a não conformidade ser resolvida.

Além da verificação dimensional, também é necessário comprovar a planeza quando a matéria-prima corresponde a perfis, com o objetivo de avaliar se estes se encontram deformados. Este ensaio rege-se pela norma de referência<sup>7</sup>, fornecida pelo cliente e para o realizar recorre-se a uma apalpa-folgas, com diferentes espessuras de lâminas, e a dois pesos com massa diferente, cuja utilização varia consoante a espessura do perfil.

O ensaio consiste em apoiar o perfil numa superfície plana e:

- ✓ Caso o perfil tenha uma espessura inferior a 1 mm aplica-se neste um bloco de massa 1 kg, aproximadamente de 30 cm em 30 cm de maneira a se verificar se a lâmina de 0,75 mm passa entre o perfil e a superfície, evidenciado a existência ou não de uma deformação;
- ✓ Caso o perfil tenha uma espessura superior a 1mm aplica-se neste um bloco de massa 2,2 kg, aproximadamente de 30 cm em 30 cm de maneira a se verificar se a lâmina de 0,75 mm passa entre o perfil e a superfície, evidenciado a existência ou não de uma deformação;

Se os perfis estiverem conformes, procede-se à respetiva identificação e armazenamento, como anteriormente referido. Caso estejam não conformes é necessário contactar o subcontratado/fornecedor.

### **3.2.2 Inspeção na produção dos componentes aeronáuticos**

Cabe à PRD analisar e elaborar um Plano Mestre de Produção (MPS) no sentido de efetuar um planeamento semanal. Em função do planeamento semanal e do MPS, para dar início à produção é necessário, numa primeira fase, o fabrico de um componente em material não aeronáutico, isto é, material de menor custo, que permite

---

<sup>7</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

testar se toda a configuração do produto está correta. A este processo chama-se de industrialização. O processo de industrialização diz respeito ao desenvolvimento do processo produtivo que terminará com a realização do primeiro artigo, validando, assim, o plano de industrialização desenvolvido pela organização.

A inspeção dos componentes metálicos surge nesta fase do processo produtivo ao nível da verificação dimensional do componente resultante da industrialização no sentido de o validar e permitir o avanço para a produção do primeiro artigo. A peça de industrialização é entregue no laboratório, por parte do operador que a produziu, dentro de uma caixa cor de laranja, utilizada apenas para as industrializações, (Figura 19) com a documentação associada.



Figura 19 – Peça de industrialização na respetiva caixa com documentação associada

Aprovada a industrialização, passa-se para a fase seguinte, que consiste no lançamento de uma OP FAI. Cabe à equipa de inspeção aprovar este primeiro artigo, sendo feita uma inspeção detalhada e extensiva. Numa fase posterior, quando o primeiro artigo já está aprovado, passam a produzir-se as peças em série, que corresponde às ordens de produção série (OP Série), sendo a inspeção efetuada menos detalhada. Visto que as ordens de produção em série têm geralmente elevado número de peças, cabe à equipa de inspeção, em conjunto com o responsável de produção, definir diariamente qual a máquina CNC que se deve selecionar, no sentido de se verificar dimensionalmente algumas peças, com vista a detetar possíveis falhas que estejam a

ocorrer durante a maquinação. Previne-se desta forma que se produzam peças com cotas fora de tolerância.

A documentação referida na secção 3.1 acompanha o componente aeronáutico durante todo o processo produtivo e é colocada num saco transparente. Cada peça fabricada é também inserida numa embalagem individual com a respetiva etiqueta identificativa. Tanto a documentação como as peças/componentes, são colocados numa caixa de cor azul-escura, que identifica visualmente as OP FAI ou OP Série. A Figura 20 exemplifica a documentação dentro da embalagem de plástico transparente e as peças correspondentes armazenadas dentro da caixa azul-escura.

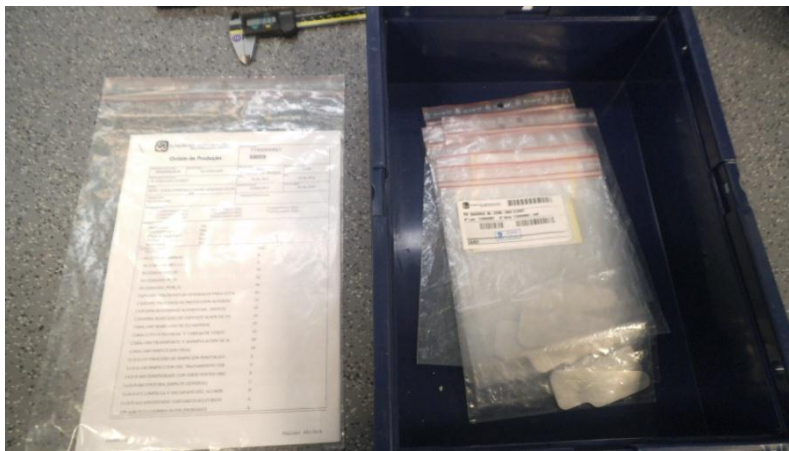


Figura 20 – Peças fabricadas armazenadas em caixa e documentação associada

Após a maquinação das peças estas acabam por ir para uma zona de acabamentos, como ilustrado na Figura 21, onde se efetuam pequenos ajustes às peças, como retirar rebarbas, marcas de ferramentas e limpeza.



Figura 21 – Zona da produção destinada aos acabamentos das peças

Assim que termina esta fase, as OP são colocadas em carrinhos, e ficam a aguardar entrada no laboratório de Metrologia, para que se inicie a sua inspeção. Os carrinhos são diferenciados, sendo um para colocar as OP FAI e outro para colocar as OP Série, como exemplificado na Figura 22.



Figura 22 – Ordens de produção a aguardar entrada no laboratório

Existem duas caixas amarelas colocadas num dos carrinhos que servem para armazenar produtos considerados suspeitos. O produto suspeito surge quando um operador deteta que existe um defeito nas peças que produziu e a indica como suspeita, identificando-a com uma etiqueta amarela, onde preenche com o número da OP e PN, o número de série da peça e motivo que levou ao aparecimento desse defeito. Essas peças são recolhidas ao mesmo tempo que entra a respetiva OP. Na OP correspondente está incluída igualmente uma etiqueta, exatamente como a que se coloca na peça, com vista a quem efetuar a inspeção saber que existe produto suspeito. A Figura 23 exemplifica uma OP com produto suspeito.



Figura 23 – Ordem de produção que contém peça considerada como produto suspeito

Como cabe à equipa de inspeção verificar se as ordens de produção podem entrar no laboratório, é necessário uma prévia verificação de toda a documentação inerente a cada OP ainda quando estão na área da produção armazenadas nos carrinhos. Só entram no laboratório as OP cuja documentação esteja em ordem. Após esta prévia verificação, as OP entram no laboratório e são colocadas em estantes, como ilustra a Figura 24.



Figura 24 – Estantes colocadas no laboratório para armazenar as OP

Todas as caixas têm a identificação da OP que contém dentro. As estantes estão divididas em várias secções, sendo respetivamente, da esquerda para a direita:

- Secção de produto a aguardar inspeção, onde se colocam as OP cuja inspeção ainda não iniciou;
- Secção de produto em curso, onde se colocam as OP cuja inspeção foi iniciada mas que por qualquer motivo não se conseguiu terminar;
- Secção de produto aprovado, onde se colocam as OP cuja inspeção terminou e estão validadas, podendo sair para expedição (apenas uma prateleira na zona superior da estante);
- Secção de industrializações, onde se colocam as caixas cor de laranja com a peça de industrialização;

→ Secção de dúvidas, onde estão as caixas amarelas que correspondem ao produto suspeito e algumas OP cujo processo de inspeção possa estar bloqueado por ser necessário esclarecer alguma dúvida com o cliente ou mesmo com a equipa de ENG da CAER;

→ Secção de acessórios, onde se colocam alguns acessórios úteis ao trabalho diário da inspeção, como acessórios da Máquina de Medição por Coordenadas (MMC), tubos de cola quente, recipientes para os resíduos de cola e para luvas usadas, respetivamente.

Nas secções de produto a aguardar inspeção e de produto em curso, não se colocam as OP de forma aleatória, mas sim tendo em conta um fluxo pré definido. O fluxo define que as OP à medida que chegam ao laboratório de Metrologia devem ser colocadas de baixo para cima nas estantes, de forma a ficarem na estante inferior as ordens de produção mais recentes e na estante superior as ordens de produção mais antigas, como evidenciado na Figura 25.

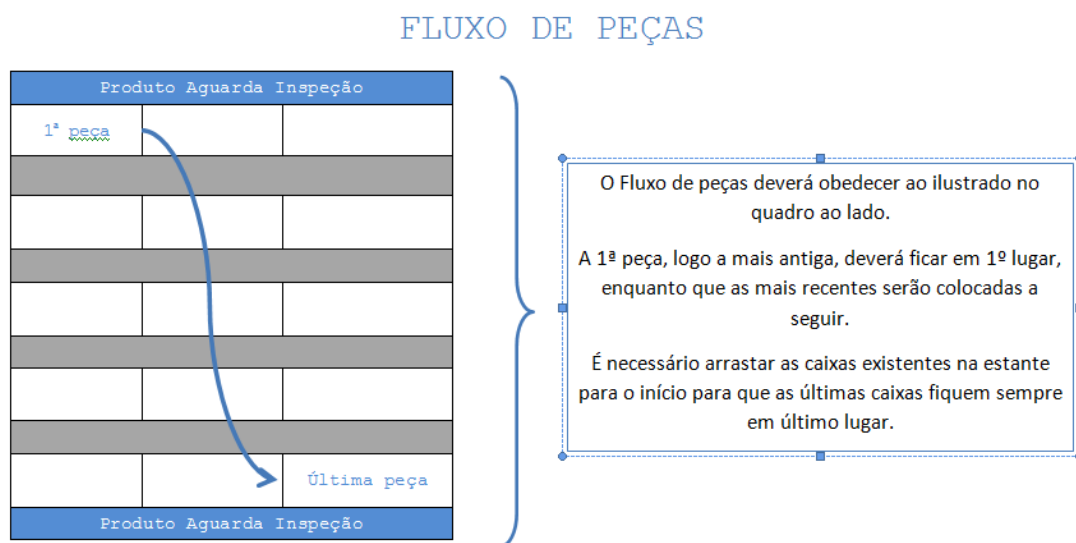


Figura 25 – Fluxo definido para armazenamento das ordens de produção quando se encontram nas estantes do laboratório

### 3.2.3 Inspeção no laboratório de Metrologia

Existe um acompanhamento por parte da equipa de inspeção em vários pontos do fluxo produtivo (ver Figura 8). No entanto, o principal processo de inspeção ocorre no laboratório de Metrologia, após o fabrico das peças, e implica uma verificação exhaustiva de toda a documentação inerente à ordem de produção, inspeção visual para

detetar possíveis defeitos ou rebarbas, verificação dimensional e a medição de características geométricas como a rugosidade.

Após a entrada das OP no laboratório e respetivo armazenamento nas estantes, a equipa de inspeção obedecendo ao fluxo definido, seleciona as ordens de produção a inspecionar.

O primeiro passo é voltar a verificar toda a documentação de uma forma mais minuciosa, devendo-se confirmar na OP a lista técnica, que indica os documentos associados a essa mesma ordem de produção com o respetivo índice de revisão. Estando todos os documentos presentes e corretos o passo seguinte é verificar se os responsáveis pelas diferentes operações na OP e anteriores à verificação dimensional interna, carimbaram no devido local. Caso uma operação anterior esteja por carimbar, o processo de inspeção não continua. É também importante confirmar, por exemplo, se o número de peças está correto, se o PN escrito na OP corresponde ao das etiquetas das peças ou mesmo se o número da OP de corte corresponde ao lote de material correto.

### 3.2.3.1 Instrução de verificação

O passo seguinte é iniciar a verificação dimensional, e para isso é necessário utilizar uma instrução de verificação. Esta instrução tem como principais objetivos:

- Definir as características essenciais para verificar;
- Definir os meios de controlo que devem ser utilizados na verificação;
- Definir os critérios de aceitação dos recursos a serem testados;
- Facilitar o trabalho, pois recolhe-se num único documento todas as exigências que estão subjacentes a vários documentos aplicáveis;
- Evitar erros que podem ser cometidos pelas várias interpretações dos documentos.

É da responsabilidade dos técnicos de inspeção a sua elaboração, dando cumprimento aos requisitos estabelecidos pela norma de referência<sup>8</sup>, para a elaboração de uma instrução de verificação, fornecida pelo cliente. A estrutura deve conter o PN do elemento afeto à IV, o índice de revisão, o número de páginas e o total das mesmas, a identificação de quem a elaborou e aprovou, as normas aplicáveis, data de elaboração, fases em que se divide e as diferentes características a controlar como os equipamentos utilizados.

Quando se decidem os equipamentos a utilizar, a equipa de inspeção tem por regra escolher o equipamento que garanta a medição das cotas em questão, cumprindo com as exigências por parte do cliente. Outro critério para a seleção do equipamento é o facto de permitir uma medição mais rápida. Como só existe uma MMC e é utilizada diariamente para a inspeção de industrializações e peças de OP FAI, dá-se prioridade ao uso de equipamento mais simples como o paquímetro, micrómetro de interiores, graminho e escantilhões, que permitem medições mais rápidas e com a precisão requerida, para a medição das peças série,

Atualmente na CAER a verificação dimensional efetua-se a 100%, ou seja, todas as peças são medidas. No entanto nem todas as cotas são verificadas. A metodologia adotada para as medições consiste em:

- Medir a primeira peça de uma OP FAI a 100%, ou seja, medir todas as cotas e com recurso à MMC;

---

<sup>8</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

- Para as restantes peças da OP FAI apenas se verificam dimensionalmente as cotas características, e com recurso a outros equipamentos que não a MMC;

- Para as OP série, verificam-se as cotas características em todas as peças.

Cotas características são cotas que se consideram ser fundamentais para verificar se a peça está conforme. Por norma são consideradas cotas características as espessuras, cotas de distâncias entre furos, cotas de distância do centro de um furo à parede de uma peça e raios. Para verificar estas cotas recorre-se à medição manual, utilizando para o efeito paquímetros, escantilhões entre outros equipamentos. Em casos de peças complexas, com várias cotas que não se conseguem medir manualmente, recorre-se inevitavelmente à MMC para todas as peças, quer de OP FAI, quer de OP série.

A instrução de verificação é comum quer se trate de uma OP FAI ou de uma OP Série e refere a metodologia que se deve seguir para cada caso e identifica o número de cotas e quais cotas a medir.

A primeira página da estrutura de uma IV elaborada durante o estágio está evidenciada na Figura 26.

## INSTRUÇÃO DE VERIFICAÇÃO

LIV\_01.00

Tipo **Medição**  
 Objetivo **Instrução para orientar a verificação final da peça.**  
 Âmbito **Aplicável a componentes metálicos produzidos pela CAER.**  
 Part Number  
 Designação

211024  
QAS 16/05/14

Elaborado por **RMG**  
 Aprovado por **MR**

211010  
QAS 16/05/14

Normas Aplicáveis	Documentos Aplicáveis
	Desenho: <b>-PRY-01 ÍNDICE B</b>

Modelo 3D	Observações
	<p>1. Medir segundo o desenho. Se necessário criar modelo CAD a partir do mesmo.</p> <p>2. Para peças com cotas fora de tolerância deverá ser seguido o procedimento Controlo do Produto Não Conforme.</p>

### Fase 1 - Inspeção Visual

Inspeccionar visualmente as peças para comprovar que não apresentam defeitos nem outros desvios detetáveis visualmente.

Inspeção a 100%.

### Fase 2 - Medição de Cotas Gerais

OPs FAI / IPA e OPs Série controlar todas as dimensões para todas as peças.

EMM	Secção do desenho	Tipo de Cota	Valor do Lado mais Curto (mm)	Valor Técnico (mm)	Limite Inferior (mm)	Limite Superior (mm)
PAQ	B-4	Longitudinal	-	133,3	102,7	103,3
PAQ	B-4	Longitudinal	-	23,0	22,8	23,2
CMM	B-3	Chanfro	-	2,0	1,8	2,2
CMM	B-3	Chanfro	-	2,0	1,8	2,2
CMM	B-3	Angular	2,0	45,0	44,0	46,0

PAQ - Paquímetro

CMM - Máquina de Medição por Coordenadas

Figura 26 – 1ª página de uma instrução de verificação elaborada durante o estágio<sup>9</sup>.

Adaptado de [10]

<sup>9</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

Analisando toda a estrutura constata-se que cumpre os requisitos da norma de referência<sup>10</sup>. Inclui uma zona de identificação de quem elabora e quem aprova o documento, refere o objetivo da instrução e o âmbito em que se insere e o PN<sup>11</sup> à qual se aplica e respetiva designação. Existe também um campo referente à verificação dimensional e normas aplicáveis. Outra informação a preencher é a documentação aplicável, ou seja, os documentos utilizados para o fabrico das peças e que permitem efetuar a verificação dimensional.

Após os elementos de identificação, o documento apresenta três fases que correspondem às diferentes fases de inspeção. A *Fase 1- Inspeção visual*, com a indicação para inspecionar visualmente as peças e comprovar que não apresentam defeitos nem outros desvios detetáveis visualmente. A *Fase 2 – Medição de cotas gerais*, constituída por uma tabela, dividida em seis colunas com informação de EMM (Equipamento de Medição e Monitorização) a utilizar, secção do desenho onde se situa a cota a medir, tipo de cota, valor do lado mais curto (só aplicável a cotas angulares), valor nominal da cota em milímetros e os limites inferior e superior, determinados tendo em conta a tolerância que vem indicada na norma de referência<sup>12</sup>, fornecida pelo cliente, para tolerâncias gerais. Por último a *Fase3 - Medição de características extra*, com indicação para medir características como a rugosidade. No caso de OP FAI utiliza-se um rugosímetro; para as OP Série apenas se faz uma avaliação visual. Existem outras características, que podem surgir nesta fase, e que variam tendo em conta as notas indicadas no desenho. Com a Figura 27 comprova-se o que foi descrito anteriormente.

---

<sup>10</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>11</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>12</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

Tipo: Medição  
 Objetivo: Instrução para orientar a verificação final da peça.  
 Âmbito: Aplicável a componentes metálicos produzidos pela CAER.  
 Part Number: -----  
 Designação: -----

Z11024  
QAS 16/05/14

Elaborado por: RMG  
 Aprovado por: MR

Z11010  
QAS 16/05/14

Fase 2 - Medição de Cotas Gerais (Continuação)						
EMM	Secção do desenho	Tipo de Cota	Valor do Lado mais Curto (mm)	Valor Teórica (mm)	Limite Inferior (mm)	Limite Superior (mm)
PAQ	A-3	Espessura de Paredes, Pisos e Almas	-	1,1	1,0	1,2
PAQ	A-3	Espessura de Paredes, Pisos e Almas	-	0,4	0,3	0,5

PAQ - Paquímetro

Fase 3 - Medição de Características Extra		
Controlar todas as características apresentadas a seguir com os respetivos equipamentos, Inspeção a 100%.		
EMM	Valor Teórica	Observações
RUG	Ra 3,2 (µm)	Toda a Peça ①
VIS	Round off edges	

RUG - Rugosímetro  
 VIS - Visual

① Característica controlada visualmente em produção série.

Figura 27 – 2ª página de uma instrução de verificação elaborada durante o estágio<sup>13</sup>.

Adaptado de [10]

### 3.2.3.2 Registos resultantes das verificações dimensionais

Terminada a medição de cotas gerais e de características extra, como a rugosidade, é necessário efetuar os devidos registos.

Atualmente apenas se efetuam registos da 1ª peça medida das OP FAI, que serão entregues ao cliente, através de relatórios dimensionais. O registo das medições efetuadas com a MMC obtém-se através do software Metrolog e em formato pdf (Anexos A e B). Como por vezes, para minimizar o tempo de medição com a MMC, se elaboram programas mais curtos, que não contemplam todas as cotas a medir, é necessário recorrer aos desenhos técnicos, que acompanham as peças, para efetuar o

<sup>13</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

registro dessas mesmas cotas. É também necessário registrar o valor da rugosidade superficial obtida e os equipamentos utilizados. De salientar que sempre que se elabora qualquer um destes registros é necessário que sejam carimbados por quem efetua a inspeção e seja colocada a data de realização (Anexo C).

No que se refere às restantes peças das OP FAI e a todas as peças das OP série, não se efetuam registros dos valores obtidos pois não é exigência do cliente.

### **3.2.3.3 Interpretação de desenhos técnicos aeronáuticos e normas associadas**

Um dos requisitos fundamentais para realizar a inspeção é a correta interpretação dos desenhos técnicos e o reconhecimento da simbologia frequentemente utilizada. Para que se cumpra este requisito são indispensáveis conhecimentos de desenho técnico e das várias normas de referência.

Nesta secção será feita uma abordagem aos principais conceitos referidos em cada uma das normas e à sua aplicabilidade na rotina de inspeção, mais concretamente para a interpretação de desenhos e sua simbologia.

A Figura 28 evidencia um exemplo de um desenho técnico analisado durante o estágio.



A nota 4 indica diâmetro dos furos de 2,5mm, a nota 3 refere que não é necessário inspeção não destrutiva, quanto à nota 2, com a expressão “*Round off edges*” significa que deve ser efetuado um acabamento arredondado. Por último, a nota 1 refere o facto de a geometria da peça ser baseada num modelo fornecido pelo cliente. Estas são algumas das notas *standard* a utilizar em documentação de desenho, como referido na norma de referência<sup>16</sup>, relativa a notas a utilizar nos desenhos, fornecida pelo cliente.

A última zona, a zona 4 é uma zona de identificação, onde surgem as principais informações sobre o desenho em questão e se referem as normas necessárias à inspeção dos componentes aeronáuticos e respetiva interpretação do desenho (ver Figura 28).

Nos desenhos técnicos fornecidos pelo cliente, e analisados ao longo de todo o estágio, constavam também as assinaturas de quem os elaborou e aprovou.

De seguida será feita uma análise detalhada, de cada informação fornecida pela zona de identificação (zona 4) de um desenho específico do cliente Airbus Military. Serão destacados 17 elementos que se consideram os mais relevantes para análise no presente relatório.

A Figura 30 representa a zona de identificação num desenho analisado ao longo do estágio.

01 <sup>1</sup>	7075T73511LN9496-220	QQ-A200-11	L=80
IDENT PART IDENT	MATERIAL MATERIAL	ESPECIFICACION SPECIFICATION	DIMENSIONES DIMENSIONS
GAO	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS	THIS DOCUMENT IS PROPERTY WHICH RESERVES ALL RIGHTS	PROTECCION SUPERFICIAL PROTECTIVE FINISH
	PROVISION DE LA SUPERFICIE Ra SURFACE ROUGHNESS Ra	TOLERANC AS NO ESPECIFICACION LIMITS NOT STATED	SEGUN PER X F V
	✓   ✓   ✓   μm	SEGUN PER	ESPEJOR DE CAPA LAYER THICKNESS
			COLOR GREY
			UNE N° B-115
CLASE / CLASS	MARCA DE IDENTIF IDENT MARKINGS	PARTE INTERCAMBIABLE INTERCHANGEABLE PART	PARTE IDENTIFICABLE IDENTIFIABLE PART
-	⊗	SI/YES NO	SI/YES NO
PROTECCION PROJECTION	DEBIL DOWN	COMP COND	RESIST STRESS
APROB APPD	VERIF SYST	PESO WT	
ESCALA SCALE:	COLECC COLLEC	DESIGNACION TITLE:	N° NO
1:1			
		HOJA SHEET 1	INDICE ISSUE A

Figura 30 – Elementos 1,2,3 e 4 presentes na zona de identificação de um desenho técnico<sup>17</sup>.

(Adaptado de desenho técnico fornecido pelo cliente)

<sup>16</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>17</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

No elemento 1 surgem dois dígitos representativos do estado de evolução de um determinado elemento ou conjunto, e segundo a norma de referência<sup>18</sup>, pode variar de 01 a 99 (ímpares) para as evoluções sucessivas de uma peça ou conjunto, ou variar entre 02 a 98 (pares) para as evoluções das peças ou conjuntos simétricos das anteriores, caso haja. O elemento 2 indica o número do material com o qual a peça vai ser produzida. Quanto ao elemento 3 diz respeito à norma que indica as características e os fundamentos pelos quais esse material foi escolhido para fazer a peça. Já o elemento 4 refere a dimensão do bloco da matéria-prima necessária à produção da peça que se pretende.

Continuando com a análise da zona de identificação, verifica-se em destaque, na Figura 31, os elementos 5, 6, 7 e 8.

01	7075T73511LN9496-220	QQ-A200-11	L-80
IDENT PART IDENT	MATERIAL MATERIAL	ESPECIFICACION SPECIFICATION	DIMENSIONES DIMENSIONS
GAO	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS	THIS DOCUMENT IS PROPERTY WHICH RESERVES ALL RIGHTS	PROTECCION SUPERFICIAL PROTECTIVE FINISH 7 SEGUN PER XFV
	BRUIDAD DE LA SUPERFICIE R <sub>a</sub> SURFACE ROUGHNESS R <sub>a</sub> SEGUN PER 5 ✓   ✓   ✓	TOLERANCAS NO ESPECIFICADAS LIMITS NOT STATED SEGUN PER 6	ESPESOR DE CAPA LAYER THICKNESS COLOR COLOUR GREY USE NO 8-115
CLASE / CLASS 8	MARCA DE IDENTIF IDENT MARKINGS SEGUN PER	PARTE INTERCAMBIABLE INTERCHANGEABLE PART SEGUN PER	FECHA DATE MAR 98
PROYECCION PROJECTION	DIBUJ UN	COMP CHU	RESIST STRESS
ESCALA SCALE: 1:1	APROB APPD	VERIF SYST	PESO WT
BOLEO COLLEC	DESIGNACION TITLE:	N NO	HOLA SHEET 1
			INDICE ISSUE A

Figura 31 – Elementos 5,6,7 e 8 presentes no desenho técnico fornecido pelo cliente<sup>19</sup>.

(Adaptado de desenho técnico fornecido pelo cliente)

Para definir uma peça em desenho, além de se definir a sua forma também é necessário fornecer indicações sobre a natureza da sua superfície, através do grau de acabamento. O grau de acabamento das peças varia com o processo de fabrico utilizado [11]. Se a peça é trabalhada num torno ou numa fresa apresenta uma aspeto superficial diferente de uma peça obtida por fundição e apresenta irregularidades que podem levar

<sup>18</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>19</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

a uma menor resistência da peça aos esforços a que são submetidas ou mesmo corrosão. A medida do grau de acabamento é a rugosidade da superfície.

A rugosidade é o conjunto de irregularidades, isto é, pequenas saliências (picos) e reentrâncias (vales) que caracterizam uma superfície [12]. A grandeza, a orientação e o grau de irregularidade da rugosidade podem indicar as suas causas que podem variar desde:

- Imperfeições nos mecanismos das máquinas-ferramentas;
- Vibrações no sistema peça-ferramenta;
- Desgaste das ferramentas;
- O próprio método de conformação da peça.

Para avaliar as irregularidades utilizam-se aparelhos eletrônicos, como o rugosímetro.

Na Figura 32 representa-se um perfil ampliado da superfície de uma peça, que evidencia a rugosidade da superfície.

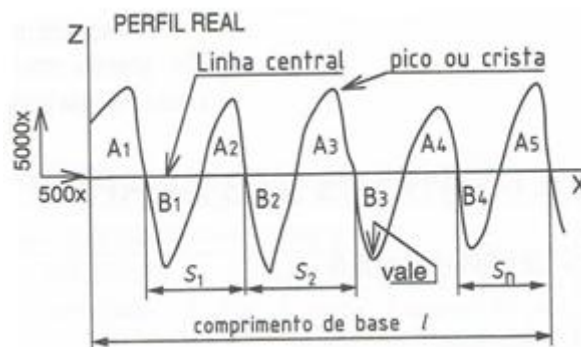


Figura 32 – Linha central das irregularidades do perfil de uma superfície.

Retirado de [13]

Observando o perfil da superfície verifica-se uma linha média (linha central), cuja posição permite que as áreas totais da figura acima e abaixo da linha média sejam iguais. A média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento, dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro do percurso de avaliação, corresponde a um parâmetro denominado de rugosidade média,  $R_a$ . É este o parâmetro utilizado principalmente para controlo de um processo produtivo em que podem ocorrer mudanças graduais no acabamento superficial devido ao desgaste da ferramenta. A rugosidade é sempre medida em micrómetros,  $\mu\text{m}$  [11].

No elemento 5 surge a indicação de ser necessário verificar a rugosidade superficial da peça, indicando a norma de referência<sup>20</sup> para rugosidade superficial que se deve seguir e que permitirá interpretar a simbologia inerente aos parâmetros de rugosidade.

A Tabela 3 indica possíveis símbolos relativos à rugosidade e o seu significado.

Tabela 3 – Simbologia associada a rugosidade superficial e seu significado.

(Adaptado de norma de referência sobre rugosidade superficial)

Símbolo		Significado
		Símbolo básico. Só pode ser usado quando o seu significado for completado por uma indicação.
		Caraterização de uma superfície com remoção de material permitida.
		Carateriza uma superfície na qual a remoção de material não é permitida e indica que a superfície deve permanecer no estado resultante de um processo de fabrico anterior.
Símbolo		
A remoção de material é:		
Facultativa	Exigida	Não permitida
Superfície com uma rugosidade com valor máximo Ra = 3,2 µm		
Superfície com uma rugosidade de um valor máximo Ra = 6,3 µm e mínimo Ra = 1,6 µm		

Para se indicar o grau de acabamento de uma peça de uma forma completa não se indica apenas o valor da rugosidade mas sim outras características como o comprimento da base, direção de estrias, sobreespessura para acabamento ou determinados tratamentos especiais da superfície. Poderá surgir num desenho o símbolo que exemplifica a situação atrás descrita, como o indicado na Figura 33.

<sup>20</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

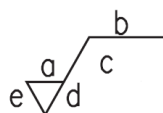


Figura 33 – Simbologia geral para indicação do grau de acabamento superficial.

(Adaptado de norma de referência sobre rugosidade superficial)

As letras representadas indicam:

- a) valor de rugosidade média (em  $\mu\text{m}$ );
- b) tratamentos especiais da superfície;
- c) comprimento de base (em mm);
- d) direção de estrias;
- e) sobreespessura para acabamento;

Voltando à análise da Figura 31 surge o elemento 6 onde se indica a norma de referência<sup>21</sup> que estabelece as tolerâncias das cotas existentes nos desenhos das peças. Entende-se por tolerância o valor da variação dada por duas cotas limite – cota máxima e cota mínima – entre as quais se admite que podem variar as dimensões de uma peça. Recorre-se a esta norma para elaborar a instrução de verificação, documento obrigatório para a verificação dimensional [11].

O elemento 7 estabelece que tipo de processo de proteção superficial a peça irá sofrer após o seu fabrico. Os tipos de proteção superficial estão referidos na norma de referência<sup>22</sup> para processos de proteção superficial, também fornecida pela Airbus Military. Entende-se por processo de proteção superficial um conjunto de operações que modificam a superfície da peça para obter maior resistência à corrosão e evitar o contacto de materiais classificados como não similares. Existem outros tipos de processos de proteção superficial cuja finalidade não é unicamente garantir resistência à corrosão mas conseguir também maior dureza da superfície, como o processo de Anodizado duro ou Cromado duro. Caso a proteção envolva pintura da peça, vem indicado no elemento 7 a espessura e a cor da camada de tinta. A Figura 34 exemplifica um possível símbolo de proteção especial que poderá surgir num desenho.

---

<sup>21</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>22</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

PROTECTIVE FINISH	
PER	303 + (610) .....
( ) EXCEPT HOLE	∅ 18H7 .....
LAYER THICKNESS .....	5+8 μm
COLOUR	GREY UNE NO B-106 ..

Figura 34 – Indicação no desenho técnico de elementos sujeitos a proteção especial<sup>23</sup>.  
(Adaptado de norma de referência de processos de proteção especial)

Atualmente não se concretizam processos de proteção superficial na CAER, sendo este serviço subcontratado.

Analisando o elemento 8 da zona de identificação, verifica-se neste a classe de segurança a que a peça pertence. A classe de segurança é considerada um atributo. Atributos são características especiais de qualidade, e o fator mais importante de uma peça com atributo é a função que desempenha no avião. Consideram-se peças com atributos peças com classe de segurança 1, peças intercambiáveis/substituíveis, peças identificáveis e peças seriáveis, e na sua ordem de produção deve vir indicado o atributo correspondente em cada caso.

A norma de referência<sup>24</sup>, para partes com classe de segurança 1, estabelece que quando um determinado elemento apresenta alta criticidade estrutural para o avião ou apresenta um elevado custo de reposição ou reparação, requer um controlo especial em todo o seu processo de fabrico. As partes de classe de segurança 1 têm obrigatoriamente uma indicação no desenho a identificar essa categoria. A Figura 35 exemplifica como vem identificado no desenho técnico a identificação de classe de segurança.

Classe segurança 1		Sem classe de segurança	
CLASE/CLASS	MARCA DE IDENT MAR	CLASE/CLASS	MARCA DE IDENT MAR
1	SEGUN PER	-	SEGUN PER
PROYECCION	DIBUJ.	PROYECCION	DIBUJ.

Figura 35 – Indicação no desenho técnico de elemento com classe de segurança e sem classe de segurança.  
(Adaptado de norma de referência de elementos com classe de segurança)

<sup>23</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>24</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

Tanto na OP como na IV, que acompanham o elemento de classe de segurança 1 deve vir indicada a classe de segurança.

A Figura 36 evidencia outros novos elementos fundamentais para a interpretação do desenho de uma peça, assinalados com os números 9,10 e 11.

01	2024T3SHT3		00-A250-4	19X24
IDENT PARTE PART IDENT	MATERIAL		ESPECIFICACION SPECIFICATION	DIMENSIONES DIMENSIONS
CAD	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS		THIS DOCUMENT IS PROPERTY WHICH RESERVES ALL RIGHTS	
	RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE R <sub>a</sub> SURFACE ROUGHNESS R <sub>a</sub>		TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS LIMITS NOT STATED	
	SEGUN PER 3.2		SEGUN PER	
	PROTECCION SUPERFICIAL PROTECTIVE FINISH		SEGUIN PER XAB	
	ESPOSOR DE CAPA LAYER THICKNESS		UNE N° B-115	
	COLOR GREY		UNE N° B-115	
CLASE / CLASS	MARCA DE IDENTIF IDENT MARKINGS		PARTE INTERCAMBIABLE INTERCHANGEABLE PART	
	SEGUN PER 9		SEGUN F1 10	
	PART IDENTIFIABLE PART 11		DATE DEC 97	
PROYECCION PROJECTION	DIBUJ DWN	COMP CHKD	RESIST STRESS	
	APROB APPD	VERIF SYST	PESO WT	
ESCALA SCALE:	COLECC COLLEC	DESIGNACION: TITLE:		N° NO
1:1				HOJA SHEET 1
				INDICE ISSUE B

Figura 36 – Elementos 9,10 e 11 presentes no desenho técnico fornecido pelo cliente<sup>25</sup>.

(Adaptado de desenho técnico fornecido pelo cliente)

No que respeita ao elemento 9, refere-se à informação do tipo de marcação a efetuar na peça. A simbologia referente a marcação, bem como os diferentes tipos de marcação a serem realizados, estão definidos por uma norma de referência<sup>26</sup>, fornecida também pelo cliente. Através de simbologia específica consegue-se identificar o local onde deve ser feita a marcação na peça final. Essa marcação contém informações sobre a peça, como por exemplo, o número da OP a que pertence, o PN ou a data em que se efetuou a marcação. A Figura 37 ilustra o símbolo característico de marcação.




Figura 37 – Símbolo de marcação geral aplicado no desenho técnico.

(Retirado de desenho técnico fornecido pelo cliente)

<sup>25</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>26</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

A marcação também pode vir indicada nas notas, como evidenciado na Figura 38, surgindo o símbolo  junto à zona específica da peça onde se pretende efetuar a marcação.

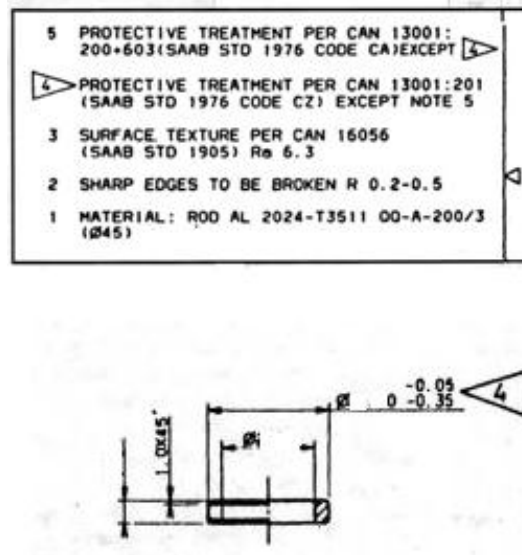


Figura 38 – Símbolo de marcação da peça evidenciado na zona de notas e na área gráfica do desenho técnico<sup>27</sup>.  
(Retirado de desenho técnico fornecido pelo cliente)

A Figura 39 exemplifica outros símbolos que dão informações mais detalhadas sobre o tipo de marcação a realizar.



Figura 39 – Simbologia associada aos tipos de marcação que podem surgir no desenho técnico.  
(Adaptado de norma de referência de marcação de elementos)

Quanto ao elemento 10 este identifica se a peça é ou não considerada intercambiável. A intercambiabilidade é outro dos possíveis atributos que a Airbus

<sup>27</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

Military utiliza para classificar uma peça. Segundo a norma aplicável<sup>28</sup>, onde se definem elementos intercambiáveis, qualifica-se como peça intercambiável a peça que se julga que irá ser substituída ao longo do tempo de vida útil do avião devido ao seu uso ou desgaste, e como tal dever ser desenhada e fabricada. A intercambiabilidade divide-se em duas classes, a classe I, e a classe R. As peças de classe I são peças desenhadas e fabricadas de tal modo que têm a capacidade de substituir uma peça equivalente sem necessidade de qualquer operação especial e ajuste, como por exemplo, corte, furos ou mesmo fresagem. As de classe R são partes desenhadas e fabricadas de tal forma que se podem substituir pela equivalente, mas normalmente necessitam de trabalho e operações adicionais e são chamadas de peças substituíveis. Existe uma outra classe de intercambiabilidade, a classe I/RL, ou seja, intercambiabilidade limitada. Aplica-se a qualquer peça considerada de classe de segurança I, que até ser utilizada num certo número pré-definido de aviões não poder ser considerada intercambiável. Se o seu funcionamento no avião for o pretendido, a peça poderá passar a intercambiável.

A intercambiabilidade pode surgir indicada no desenho de outra forma que não a indicada na Figura 36. Em desenhos mais antigos pode surgir como está ilustrado na Figura 40.

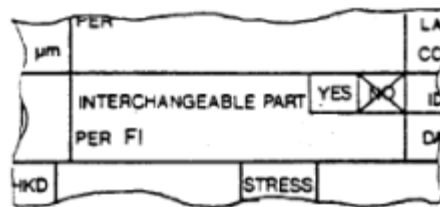


Figura 40 – Indicação de intercambiabilidade no desenho técnico fornecido pelo cliente<sup>29</sup>.

(Retirado de desenho técnico fornecido pelo cliente)

Quando se inspecionam elementos intercambiáveis é necessário vir anexada uma ficha de intercambiabilidade, que de uma forma genérica, define todos os métodos de maquinação que garantam a intercambiabilidade, desde a indicação dos meios auxiliares de produção necessários, os equipamentos de controlo bem como a sequência das operações necessárias ao fabrico do elemento.

<sup>28</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>29</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

Através do elemento 11 identifica-se se a peça é identificável. Segundo a norma aplicável<sup>30</sup> para partes identificáveis, consideram-se peças identificáveis as que necessitam de ter evidência, individual ou em conjunto:

- do seu processo de fabrico;
- da matéria-prima utilizada para o seu fabrico;
- do produto final onde se irão montar as peças.

Também são consideradas identificáveis as peças, de classe 1 que cumpram, entre outras, as seguintes condições:

- possam ser de material novo;
- o seu processo de fabrico seja novo;
- as propriedades do material que as constitui se possam alterar durante o processo de fabrico;
- constituídas por materiais compósitos, à base por exemplo de fibra de carbono.

Na Figura 41 estão evidenciados novos elementos adicionais (12-17) onde se podem observar mais informações acerca do desenho.

01	2024T3SHT1.2	QQ-A250-4	28X108
IDENT PARTE PART IDENT	MATERIAL MATERIAL	ESPECIFICACION SPECIFICATION	DIMENSIONES DIMENSIONS
CAD	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD TOODS LOS DERECHOS RESERVADOS	THIS DOCUMENT IS PROPERTY WHICH RESERVES ALL RIGHTS	PROTECCION SUPERFICIAL PROTECTIVE FINISH
	RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE Ra SURFACE ROUGHNESS Ra SEGUN PER 32 (✓) (✓) (✓) µm	TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS LIMITS NOT STATED SEGUN PER	SEGUN PER XAB ESPEJOR DE CAPA LAYER THICKNESS COLOR COLOUR GREY LINE N° B-115 LINE NO
CLASE / CLASS	MARCA DE IDENTIF IDENT MARKINGS SEGUN PER	PARTE INTERCAMBIABLE INTERCHANGEABLE PART SEGUN F1	PARTE IDENTIFICABLE IDENTIFIABLE PART
		SI/YES NO <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	FECHA DATE DEC 97
PROYECCION PROJECTION	DIBUJ DWN	COMP CHGD	RESIST STRESS
	APROB APPD	VERIF SYST	PESO WT
ESCALA SCALE: 1:1	COLECC COLLEC	DESIGNACION: TITLE:	N° NO 15
13		14	16
			17

Figura 41 – Elementos 12,13, 14, 15,16 e 17 presentes no desenho técnico fornecido pelo cliente<sup>31</sup>.

(Adaptado de desenho técnico fornecido pelo cliente)

<sup>30</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>31</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

O elemento 12 indica o esquema de projeção. Os desenhos analisados, fornecidos pelo cliente são todos até à data, baseados no Sistema Europeu de Projeção. Deverão estar representadas as vistas que forem necessárias e suficientes para a completa definição da peça. Existe o alçado principal, o que melhor representa a peça e que indica a posição de serviço, ou seja, a posição que a peça ocupa quando desempenha a função a que está designada [11].

Quanto ao elemento 13 indica a escala em que está o desenho comparativamente à peça.

No elemento 14 coloca-se a designação da peça a elaborar. Por motivos de confidencialidade a designação<sup>32</sup> foi ocultada, tal como no elemento 15, onde surge a informação do PN<sup>33</sup> da peça. Os elementos 16 e 17 referem-se, respetivamente, ao número da página do desenho e ao índice referente às alterações sofridas pelo mesmo. Este índice relaciona-se com a zona de modificações/revisões do documento, já mencionada nesta secção do relatório.

Na área gráfica dos desenhos, além da simbologia já referida, pode surgir com alguma regularidade, outro tipo de símbolos.

Muitas vezes surge a indicação de “direção de grão” em peças mecanizadas de aço e liga de alumínio, obtidas de placas. A referência normativa<sup>34</sup> estabelece a forma de indicar a direção de grão na documentação, sendo o símbolo indicado na Figura 42 essa evidência.

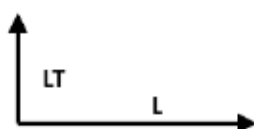


Figura 42 – Indicação de direção de grão utilizada no desenho técnico fornecido pelo cliente.

(Retirado de norma de referência para direção de grão)

A direção L, longitudinal, paralela à direção de grão é a principal direção de laminação; a direção LT, direção transversal larga, perpendicular à direção de grão tem correspondência com a largura da placa original.

A direção ST, direção transversal de corte, que corresponde à espessura da placa, é definida automaticamente ao indicar-se no desenho a direção L e LT.

---

<sup>32</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>33</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>34</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

Para peças com uma multiplicidade de dimensões iguais, como a peça da Figura 43, pode ser escrita uma vez a indicação TYP (típico) indicando que é igualmente aplicável às restantes dimensões de valor nominal igual.

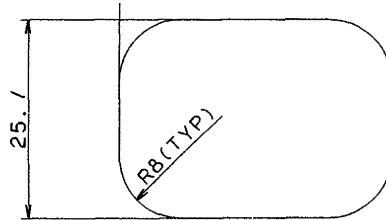


Figura 43 – Indicação TYP (típico) utilizada em desenho técnico<sup>35</sup>.

(Adaptado de desenho técnico fornecido pelo cliente)

Com esta indicação sabe-se que todos os raios da peça devem ter um valor de 8 mm.

Muitas vezes a espessura vem indicada através de um “t” de thickness, ou mesmo THICK=..., para indicar a espessura em mm, como evidenciado pela Figura 44.

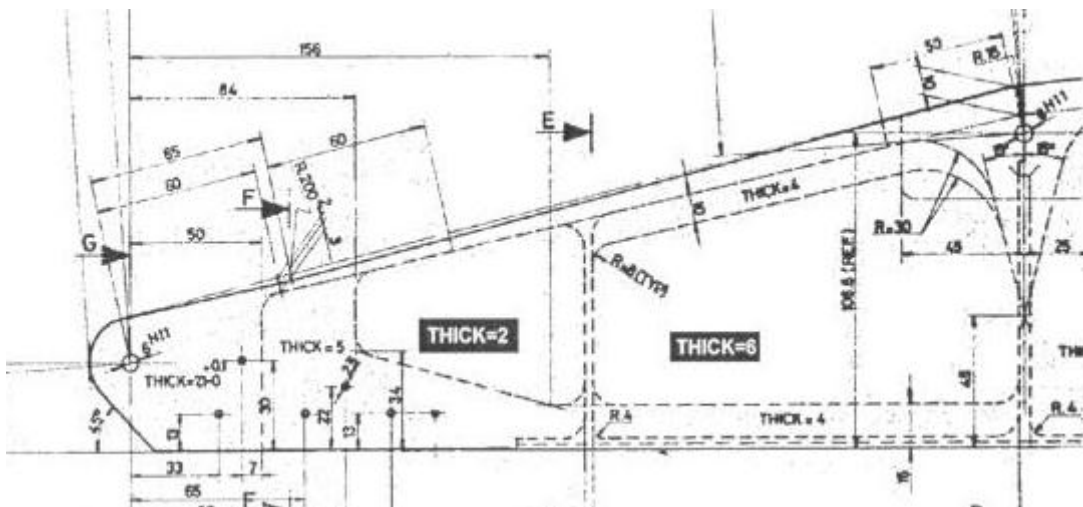


Figura 44 – Indicação de espessura em desenho técnico<sup>36</sup>.

(Adaptado de desenho técnico fornecido pelo cliente)

Cada desenho é único, e cada um apresenta a sua complexidade. Ao longo do estágio foram analisados vários desenhos e consultadas as diferentes normas associadas.

<sup>35</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>36</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

O conhecimento adquirido foi progressivamente aumentando, permitindo uma análise gradual de desenhos com maior complexidade.

### **3.2.3.4 Tolerâncias na cotação**

Para se conseguir estabelecer as tolerâncias associadas às dimensões dos objetos representados nos desenhos é fundamental conseguir identificar as diferentes tipologias de cotas presentes. Assim, tornou-se fundamental o estudo de alguns dos princípios básicos de desenho técnico, em concreto a nível de cotação.

A indicação das dimensões dos objetos representados é um fator muito importante. As dimensões podem ser lineares ou angulares, indicadas nos desenhos por cotas, constituídas por números que poderão estar acompanhados por outros símbolos. A sua inscrição no desenho e de outras indicações auxiliares designa-se por cotação [11].

Podem ser considerados três tipos de cotas:

- Cota funcional, cota relativa a um elemento funcional, ou seja, a cota que caracteriza uma dimensão essencial a uma dada função da peça;
- Cota não funcional, cota relativa a um elemento que não intervém diretamente no funcionamento da peça;
- Cota auxiliar, cota que corresponde a uma dimensão derivada de outras já inscritas no desenho e é representada dentro de parêntesis [13].

A Figura 45 exemplifica os três tipos de cotas atrás referidos.

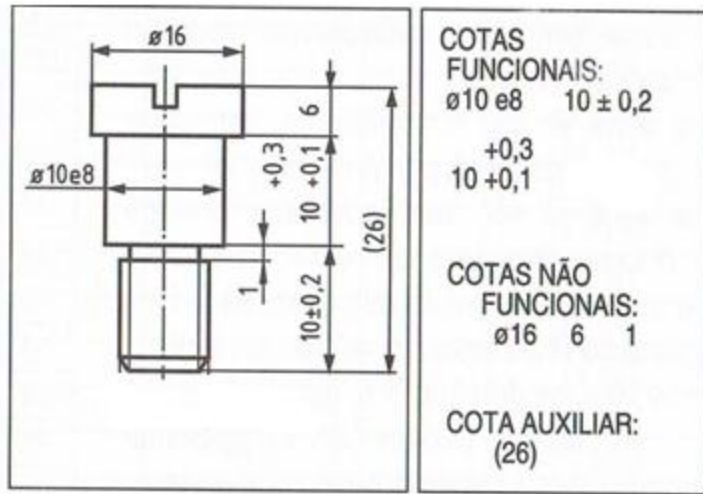


Figura 45- Cotagem de definição dimensional. Tipos de cotas.

Retirado de [13]

Para a correta localização de uma cota e indicação da parte ou elemento do objeto a que ela se refere é necessário recorrer a dois tipos de linhas:

- Linhas de cota
- Linhas de chamada

As linhas de cota são de espessura fina, traço contínuo e limitadas por setas nas extremidades, como evidenciado na Figura 46.

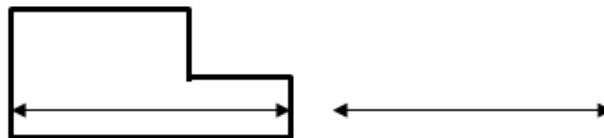


Figura 46 – Representação em desenho técnico de linhas de cota

As linhas de chamada ou extensão são de espessura fina e traço contínuo, não devem tocar no contorno do desenho e prolongam-se além da última linha de cota que limitam. A Figura 47 evidencia linhas de chamada.

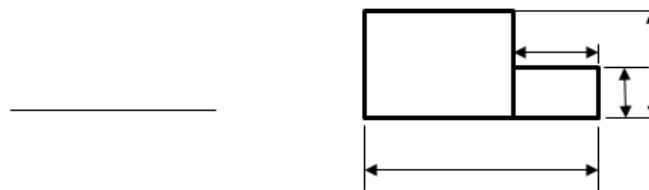


Figura 47 – Representação em desenho técnico de linhas de chamada ou extensão

De acordo com a norma de referência aplicável<sup>37</sup> para representação de cotas em desenho técnico fornecida pelo cliente, ao cotar um ângulo ou um arco, as linhas de cotas deixam de ser lineares e passam a ser circulares, concêntricas com o respectivo arco tal como se mostra na Figura 48.

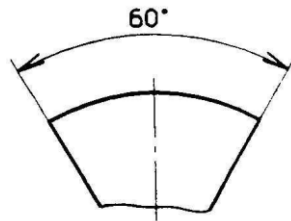


Figura 48 – Representação em desenho técnico de cotagem de ângulos.  
(Retirado de norma de referência para cotagem em desenhos técnicos)

A mesma norma refere que se utilizam os símbolos abaixo indicados e que estes devem ser colocados sempre antes dos valores numéricos das cotas:

∅ - Indicativo de Diâmetro

R - Indicativo de Raio

Os raios identificam-se sempre com um R maiúsculo antes do valor numérico da cota, tal como indica a Figura 49. Caso o centro do raio não seja facilmente detetado, marca-se com uma cruz a sua posição.

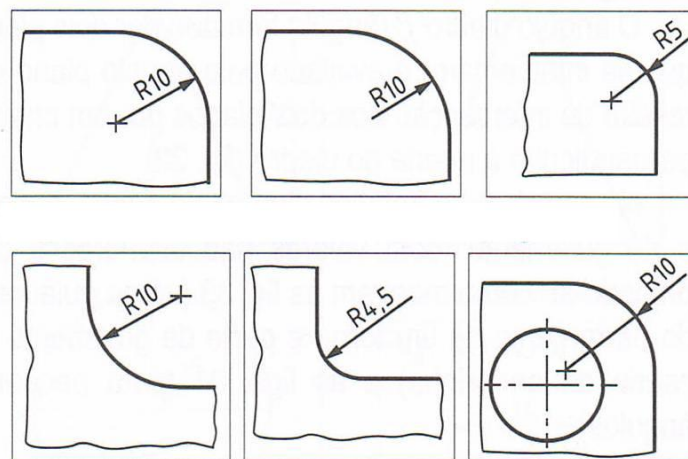


Figura 49 – Representação em desenho técnico de cotagem de raios.  
Retirado de [11]

<sup>37</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

A indicação do diâmetro de círculos pode vir indicada quer pela simbologia  $\emptyset$  como já referido, quer pela indicação  $\emptyset$ Sphere, tal como demonstra a Figura 50. O mesmo se aplica para os raios.

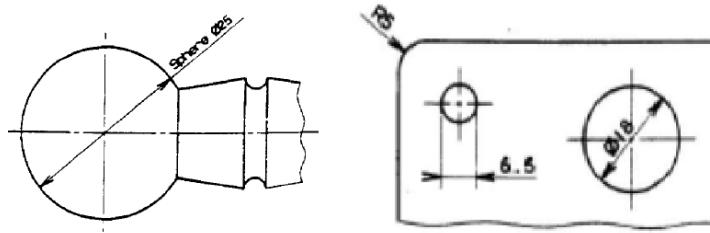


Figura 50 – Indicações para a cotação de diâmetros e raios.  
(Retirado de norma de referência para cotação em desenhos)

Para além das linhas de chamada e de cota, existem outras linhas, como por exemplo a linha para arestas de contorno não visível com espessura média e a tracejado, evidenciada na Figura 51.

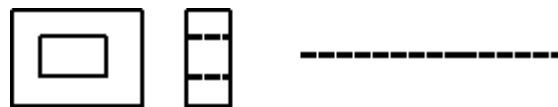


Figura 51 – Representação de linha para arestas de contorno não visível em desenho técnico

A Figura 52 exemplifica uma linha de corte, formada por traços e pontos, de espessura grossa, que permite indicar cortes e seções.

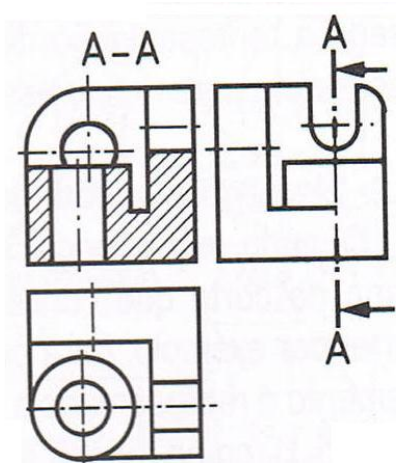


Figura 52 – Representação de linha de corte em desenho técnico.

Retirado de [11]

O sentido de observação do corte é assinalado na vista por duas setas a traço contínuo grosso, que se apoiam nas linhas de corte como mostra a figura 51. Nos prolongamentos das linhas de corte, para o referenciar, são inscritas letras maiúsculas iguais, sempre na posição vertical.

Nos desenhos técnicos surgem muitas vezes cotas designadas por chanfros. O chanfro é uma superfície oblíqua obtida pelo corte da aresta de duas superfícies que se encontram, para evitar o contacto com cantos vivos. Existem duas formas pelas quais os chanfros aparecem cotados: ou por meio de cotas longitudinais ou por meio de cotas longitudinais e angulares. A representação da cotação de chanfros pode fazer-se como indicado na Figura 53.

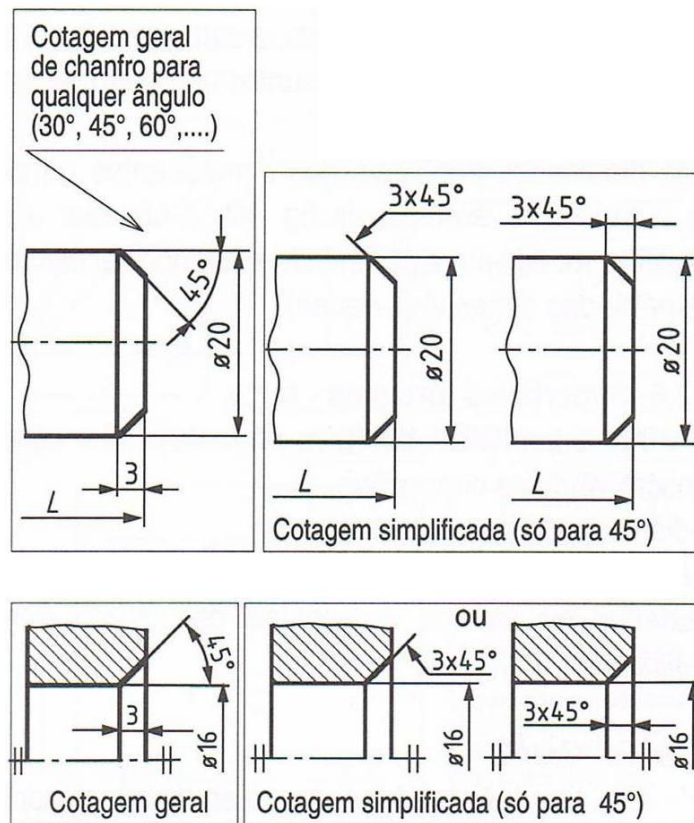


Figura 53 – Representação em desenho técnico para cotação de chanfro.

Retirado de [13]

Da mesma forma, os cantos vivos dos furos também são quebrados com pequenas superfícies inclinadas, que no caso dos furos são chamadas de escareados. A Figura 54 evidencia esta situação.

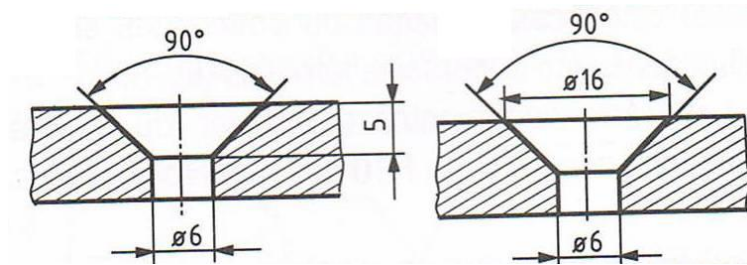


Figura 54 – Representação em desenho técnico para cotagem de escareados.

Retirado de [13]

No decorrer do trabalho desenvolvido relativamente à análise de vários desenhos técnicos fornecidos pelo cliente, surgiram as diversas tipologias de cotas acima referidas, desde as lineares às angulares. Mediram-se cotas cujo valor nominal era acompanhado por uma tolerância específica, indicada pelo cliente, como evidenciado na Figura 55, bem como cotas cujo valor nominal não era acompanhado de tolerância, como indica a Figura 56. Para estas últimas, foi necessário recorrer à norma de referência para tolerâncias de cotas, fornecida pelo cliente.

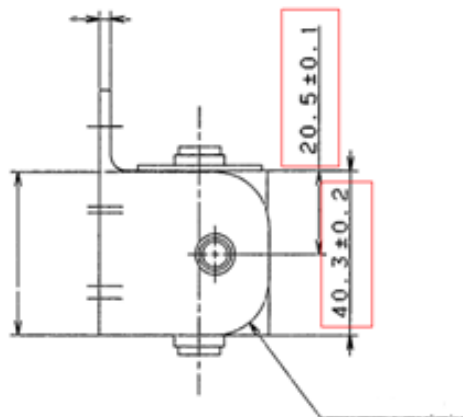


Figura 55 – Representação de cotas toleranciadas em desenho técnico<sup>38</sup>.

(Adaptado de desenho técnico fornecido pelo cliente)

<sup>38</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

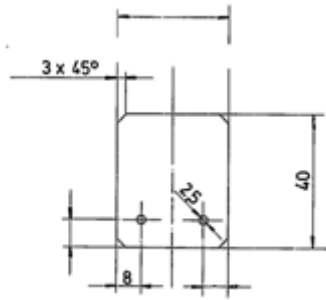


Figura 56 – Representação de cotas não toleranciadas em desenho técnico<sup>39</sup>.  
(Adaptado de desenho técnico fornecido pelo cliente)

No sentido de evidenciar as várias tipologias de cotas que foram surgindo e como se determinou a sua tolerância de acordo com a norma de referência aplicável, serão utilizados desenhos de peças inspecionadas ao longo do estágio.

Para dar cumprimento às questões de confidencialidade impostas pelo cliente, serão representadas imagens incompletas de peças, onde apenas se pode visualizar uma única vista e algumas das cotas.

A Figura 57 ilustra parte de um desenho de uma peça fabricada na CAER.

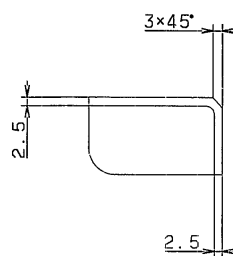


Figura 57 – Representação gráfica de uma peça fabricada na CAER<sup>40</sup>.  
(Adaptado de desenho técnico fornecido pelo cliente)

As cotas assinaladas cujo valor nominal é de 2,5 mm correspondem a espessuras de paredes da peça. De acordo com a norma aplicável<sup>41</sup>, no ponto relativo a “Espessuras de paredes, pisos e almas” sabe-se que para valores de cotas nominais superiores a 1,8 mm a tolerância é de  $\pm 0,2$  mm e para valores de cotas nominais inferiores ou iguais a 1,8 mm a tolerância é de  $\pm 0,1$  mm. Logo esta cota teria uma tolerância de  $\pm 0,2$  mm. Quanto à cota assinalada por  $3x45^0$ , corresponde às medidas de

<sup>39</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>40</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>41</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

um chanfro da peça. Neste caso o chanfro tem uma inclinação de 45° por 3 mm de comprimento. O ponto da norma onde se estabelece como determinar a tolerância para um chanfro refere que se o chanfro tiver um comprimento até 3 mm, inclusivé, a tolerância será de  $\pm 0,1$  mm. A tolerância para a inclinação de 45° do chanfro verifica-se, num diferente ponto da mesma norma, que estabelece as tolerâncias para cotas angulares, sendo necessário recorrer à Tabela 4.

Tabela 4 – Tabela utilizada para determinar a tolerância de cotas angulares.  
(Adaptado de norma de referência para tolerâncias de cotas)

Tolerâncias	Dimensões da cota nominal do lado mais curto (mm)				
	Até 10	Mais de 10 até 50	Mais de 50 até 120	Mais de 120 até 400	Mais de 400
	Ângulo	Ângulo	Ângulo	Ângulo	Ângulo
	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 20'$	$\pm 0^\circ 10'$	$\pm 0^\circ 5'$

Como o lado mais curto que estabelece o ângulo é de 3 mm a tolerância será de  $\pm 1^\circ$ . Quando o comprimento do lado mais curto que compõe o ângulo é superior a 10 mm é necessário um cálculo para converter os minutos em graus para se obter a tolerância para a cota angular pretendida.

A Figura 58 evidencia parte de uma peça e será feita a respetiva análise das cotas ilustradas.

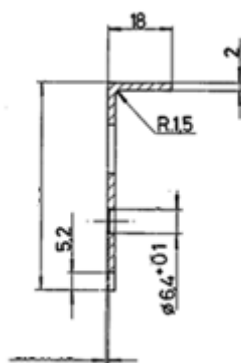


Figura 58 – Representação gráfica de uma peça produzida na CAER<sup>42</sup>.  
(Adaptado de desenho técnico fornecido pelo cliente)

<sup>42</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

Tanto a cota de 18 mm como a cota de 5,2 mm são cotas lineares ou longitudinais. O ponto da norma para tolerâncias de cotas lineares, estabelece as tolerâncias tendo em conta o valor nominal e está evidenciado na Tabela 5.

Tabela 5 – Tabela utilizada para determinar a tolerância de cotas lineares.

(Adaptado de norma de referência para tolerância de cotas)

Tolerâncias	Dimensões da cota nominal (mm)					
	Mais de 0,5 (*) até 6	Mais de 6 até 30	Mais de 30 até 120	Mais de 120 até 400	Mais de 400 até 1000	Mais de 1000 até 2000
	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2

(\*) Para dimensões menores que 0,5 mm as tolerâncias devem especificar-se diretamente no desenho

Para a cota linear de 18 mm verifica-se que a tolerância é de  $\pm 0,2$  mm e para a cota de 5,2 mm é de  $\pm 0,1$  mm. Continuando a análise das cotas nominais da peça constata-se a presença de um raio de curvatura de valor nominal 1,5 mm, cuja tolerância é de  $\pm 0,2$  mm determinada através da Tabela 6 presente na norma.

Tabela 6 – Tabela utilizada para determinar a tolerância de raios de curvatura.

(Adaptado de norma de referência para tolerância de cotas)

Tolerâncias	Dimensões da cota nominal (mm)				
	Mais de 0,5 (*) até 3	Mais de 3 até 6	Mais de 6 até 30	Mais de 30 até 120	Mais de 120 até 400
	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	± 4

(\*) Para dimensões menores que 0,5 mm as tolerâncias devem especificar-se diretamente no desenho

Quanto à cota de valor nominal de valor 2 mm diz respeito a uma espessura da parede da peça. Como já referido, para valores de cotas nominais superiores a 1,8 mm a tolerância é de  $\pm 0,2$  mm.

A simbologia  $\varnothing 6,4^{+0,1}$  indica que se trata do diâmetro de um furo com 6,4 mm cuja tolerância vem definida pelo cliente e só pode variar até um limite superior de 6,5 mm e não pode assumir valores inferiores a 6,4 mm.

Para cotas angulares, como a de 90° representada na Figura 59, é necessário recorrer a um ponto da norma para determinar tolerâncias de cotas angulares. Utiliza-se, tal como para um chanfro, a Tabela 4 anteriormente representada. Começa-se por verificar pelo desenho qual o valor lado mais curto em milímetros que estabelece a cota angular. Verifica-se que é de 1,4 mm logo a tolerância será de  $\pm 1^\circ$ .

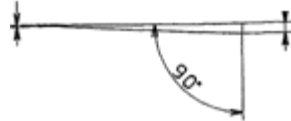


Figura 59 – Representação gráfica de uma peça produzida na CAER<sup>43</sup>.  
(Adaptado de desenho técnico fornecido pelo cliente)

Um outro exemplo de peça fabricada e para a qual foi necessário determinar as tolerâncias associadas às cotas está exemplificado na Figura 60.

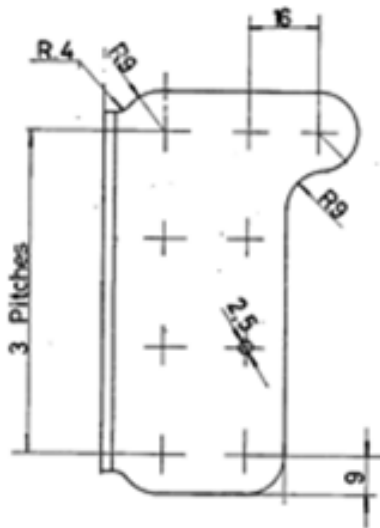


Figura 60 – Representação gráfica de uma peça produzida na CAER<sup>44</sup>.  
(Adaptado de desenho técnico fornecido pelo cliente)

Verifica-se a existência de raios de 9 mm, cuja tolerância é de  $\pm 0,1$  mm, tendo em conta as informações da Tabela 6. Para o raio de 4 mm pela mesma tabela, verifica-se que tem uma tolerância de 0,5 mm. A cota de 9 mm representada indica a distância entre o centro de um furo e uma parede da peça. Está estabelecido que a tolerância

<sup>43</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

<sup>44</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

nestes casos é sempre de  $-0,5/+1,0$  mm independentemente dos valores nominais das distâncias. Para distâncias entre o centro de dois furos, como o caso da cota nominal de 16 mm, a tolerância é sempre  $\pm 1$  mm. O diâmetro de um furo de 2,5 mm (no desenho verifica-se outra forma de representar diâmetro) tem mais uma vez, como já referido uma tolerância de  $\pm 0,1$  mm, pois o seu valor nominal é superior a 1,8 mm.

Nos desenhos podem surgir diversos símbolos e diferentes indicações, relacionadas com cotagem/tolerância. Um exemplo é a expressão “3 Pitches” que indica que devem ser medidos três espaços iguais entre os furos e atribuída a tolerância que diz respeito a distâncias entre furos, ou seja, de  $\pm 1$  mm.

## Capítulo 4 – Equipamentos de Medição e Monitorização

### 4.1 Infraestruturas do Laboratório de Metrologia

Sendo a CAER certificada pelas normas NP EN ISO 9001:2008 e pela norma EN9100:2009, obrigatoriamente deve cumprir determinados requisitos no que concerne às suas infraestruturas de maneira a que consiga a atingir a conformidade com os requisitos do produto [14]. Neste sentido, a CAER possui um laboratório de Metrologia, com cerca de 92 m<sup>2</sup>.

É no laboratório de Metrologia que se concretiza a inspeção dos componentes aeronáuticos, que inclui entre outras atividades, verificações dimensionais e tratamento de documentação. A gestão dos EMM efetua-se também no referido laboratório.

Atualmente, o laboratório está dividido em três zonas. Uma zona de inspeção, onde se encontram os responsáveis pela inspeção, uma zona intermédia, onde se encontram os responsáveis pela engenharia de qualidade e uma zona destinada aos processos especiais. Esta divisão é temporária, visto que a empresa se encontra em fase de crescimento. Consequentemente o fluxo de trabalho irá aumentar, o que inevitavelmente irá trazer maior número de peças a medir, e levará à necessidade de um maior número de estantes para armazenamento de OP e à aquisição de uma nova Máquina de Medição por Coordenadas. Esta será de maiores dimensões, para permitir a medição de peças com maiores dimensões.

Visto que na área da produção existe um ambiente térmico instável, é necessário na área de medição, um ambiente estável, que garanta qualidade dimensional, visto que a temperatura das peças, do sistema de medição e do ambiente tem influência nas medições. A confiabilidade dos resultados obtidos nas medições depende das condições de temperatura em que a medição ocorre, e como estabelecido pela norma ISO 1:2002 o laboratório tem uma temperatura controlada de  $20 \pm 1^\circ \text{C}$ .

A Figura 61 apresenta várias fotografias do laboratório de Metrologia da CAER.



Figura 61 – Laboratório de Metrologia da CAER

Através das várias fotografias consegue-se perceber como estão distribuídos os vários equipamentos, a localização dos armários para documentação, as estantes onde se colocam as diferentes ordens de produção e mesas de trabalho. A distribuição de todos os elementos acima mencionados foi organizada de forma a obedecer a uma “filosofia LEAN”<sup>45</sup>, que permitiu um fluxo de trabalho mais contínuo, reduzindo-se os desperdícios, quer de espaço quer de tempo.

Foi iniciada a implementação do programa 5S ao nível do laboratório. O programa 5S tem a sua origem no Japão, e compõem-se por 5 etapas: *Seiri* – organização, utilização; *Seiton* – ordem, arrumação; *Seiso* – limpeza; *Seiketsu* – padronização, normalização e *Shitsuke* – disciplina, autodisciplina. É implementado com o intuito de provocar mudanças comportamentais, que ao longo do tempo promovem a rotina contribuindo para uma melhoria do ambiente de trabalho, aumentando a qualidade e segurança dos produtos e trabalhadores. Dando cumprimento

---

<sup>45</sup> Filosofia LEAN, cujo principal objetivo é agregar valor ao produto, tendo em vista a satisfação do cliente (interno e externo) e a eficiência da produção, por meio da diminuição dos desperdícios e retrabalho, transparência nos processos, redução de custos, simplificação das atividades, maior qualidade, maior flexibilidade de saída do produto e fluxo contínuo de produção.

às cinco etapas do programa, começou por se efetuar uma separação de tudo o que é útil e inútil. Após esta etapa procedeu-se à arrumação, colocando tudo em ordem e com fácil acesso. Todas as estantes, armários, equipamentos e pastas de arquivo, estão devidamente identificadas e nos locais próprios respeitando a organização definida. Criou-se um sistema de identificação visual, que facilitou a redução de tempos perdidos à procura de equipamentos ou outros materiais e elimina movimentos desnecessários. A terceira etapa corresponde à limpeza. É prática de quem trabalha no laboratório manter os diferentes locais de trabalho limpos, existindo dentro do laboratório vários recipientes para os diferentes resíduos. As duas etapas seguintes, normalização e disciplina, pretendem enraizar e normalizar o que já foi feito nas etapas anteriores. A equipa de inspeção trabalha diariamente no sentido de manter as melhorias feitas através da implementação deste programa.

Ocorrem no laboratório reuniões diárias Kaizen. A equipa Kaizen é composta pelos três elementos de inspeção, um elemento da produção e um elemento da engenharia da qualidade. Os objetivos desta reunião vão desde a partilha diária de informação, uma melhoria na comunicação entre a PRD e a QAS, promovendo-se o trabalho de equipa e uma melhoria contínua, existindo um maior envolvimento por parte das pessoas.

A comunicação Kaizen é feita através de um quadro colocado no laboratório, como mostra a Figura 62, onde estão informações como: identificação da equipa Kaizen, folha de planeamento semanal com indicadores ao nível do número de industrializações, número de peças FAI e Série a serem inspecionadas, número de não conformidades detetadas e número de peças dentro do laboratório. Para uma melhor gestão visual estes indicadores são colocados no formato de gráfico de barras. Cabe à equipa de inspeção coordenar essas reuniões.

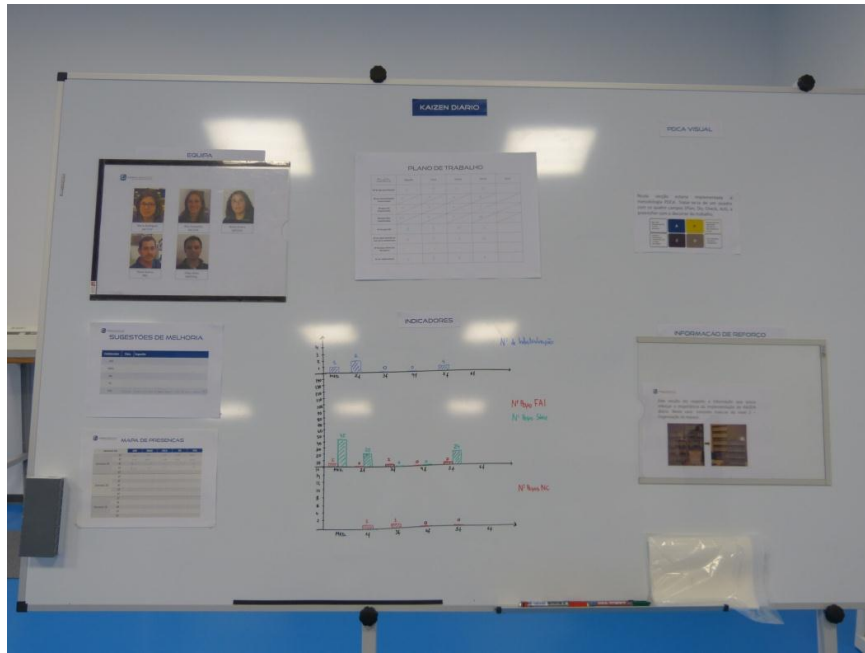


Figura 62 – Quadro Kaizen existente no laboratório da CAER

## 4.2 Gestão de equipamentos de medição e monitorização

Os Equipamentos de Monitorização e Medição, abreviados pela sigla EMM, de acordo com a norma NP EN ISO 9000:2000, podem ser “instrumentos de medição, *software*, padrões de medição, materiais de referência ou aparelhos auxiliares ou uma das suas combinações, necessários para realizar um processo de medição”.

De acordo com a Metrologia, a gestão dos equipamentos pretende garantir que qualquer medição efetuada seja correta e rastreável.

O ponto 7.6 da norma NP EN ISO 9001:2008 refere que as organizações devem:

- Determinar a monitorização e medição a serem efetuadas;
- Determinar o EMM necessário para evidenciar a conformidade do produto com os requisitos;
- Estabelecer processos que garantam que a monitorização e medição são realizadas;
- Manter os registos de resultados de calibração e verificação.

Quanto ao EMM propriamente dito, deve:

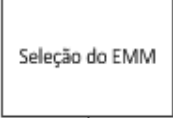
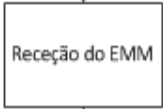

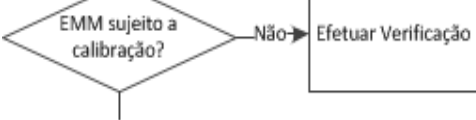
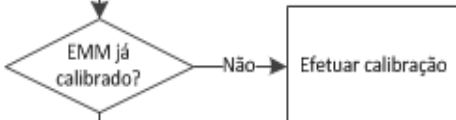
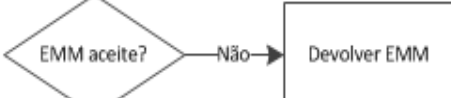
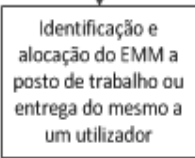
- Ser calibrado ou verificado periodicamente face a padrões rastreáveis;
- Ser ajustado ou reajustado sempre que necessário;
- Estar salvaguardado de ajustes inadvertidos ou não controlados;
- Estar identificado, incluindo quanto ao seu estado de calibração/verificação;
- Estar acondicionado e protegido da deterioração resultante do manuseamento e armazenagem.

Existe um procedimento interno para a gestão dos equipamentos na CAER, cujos objetivos são: *“Garantir uma correta seleção de equipamentos de medição e monitorização. Estabelecer regras de receção, preparação, utilização e controlo dos equipamentos de medição e monitorização, bem como do sistema de calibração/verificação de acordo com os requisitos necessários ao correto controlo do produto e processo, definindo também o método para a correta receção e validação dos certificados de calibração dos mesmos. Descrever o procedimento a tomar na necessidade de reparação do EMM”*.

A metodologia seguida na CAER para a aquisição de um novo EMM está evidenciada na Tabela 7.

Tabela 7 – Metodologia para a aquisição de um novo EMM.

Adaptada de [15]

Fluxograma	Descrição das Atividades
	<p>Seleção do EMM a adquirir de acordo com as necessidades e efetuar a compra através de uma Requisição de Compra.</p>
	<p>Na recepção do equipamento deverá ser confirmado que o EMM não apresenta defeitos físicos.</p>
	<p>Verificar se o EMM está funcional e não tem danos visuais.</p> <p>Se o EMM apresentar algum tipo de dano visual ou funcional, este deverá ser devolvido ao fornecedor de imediato.</p>
	<p>Deverá ser identificado se o EMM é sujeito a calibração ou a verificação. Se for sujeito a verificação é necessário efetuar a primeira verificação em questão e atualizar toda a documentação associada.</p>
	<p>Se for sujeito a calibração é necessário atestar esse estado, com o certificado de calibração. Caso não esteja, é necessário enviá-lo para calibração. Em qualquer um dos casos é necessário incluir essa informação no Plano de Manutenção e atualizar a Ficha de Identificação de EMM.</p>
	<p>Caso o equipamento não esteja conforme, será devolvido ao fornecedor.</p>
	<p>Após todo este processo, o EMM deverá ser identificado corretamente com as respetivas etiquetas, Ficha de Identificação de EMM, incluído no Plano de Manutenção e por fim alocado a um utilizador ou posto de trabalho.</p>

A Tabela 8 diz respeito às atividades necessárias para a monitorização dos EMM.

Tabela 8 – Metodologia para a monitorização de um EMM.

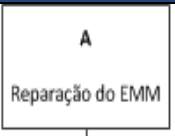
Adaptada de [15]

Fluxograma	Descrição das Atividades
<pre> graph TD     Start[Monitorização dos EMMs] --&gt; D1{EMM sujeito a calibração?}     D1 -- Não --&gt; A1[Efetuar verificação periódica]     D1 -- Sim --&gt; A2[Efetuar calibração periódica]     A1 --&gt; D2{EMM aceite?}     D2 -- Sim --&gt; A3[Atualizar todos os registos do EMM]     D2 -- Não --&gt; D3{EMM utilizado?}     D3 -- Sim --&gt; A4[Tratamento de Não conformidades]     D3 -- Não --&gt; D4{Dano Físico?}     D4 -- Sim --&gt; A5[Reparação do EMM A (Ver fluxograma 5.3)]     D4 -- Não --&gt; D5{Possível aceitação do EMM, sob concessão?}     D5 -- Sim --&gt; A6[Criar uma gama de aceitação para o EMM e atualizar todos os registos do EMM]     D5 -- Não --&gt; A7[Inutilizar o EMM e atualizar todos os registos]     </pre>	<p>Efetuar a monitorização do EMM, através da Lista de Equipamentos e do Plano de Manutenção.</p> <p>Verificar se o equipamento é sujeito a calibração na Lista de Equipamentos. Se for sujeito a verificação, o equipamento é verificado e a sua documentação atualizada.</p> <p>Se o equipamento for sujeito a calibração, este deverá ser enviado para calibração. Este processo efetua-se através de uma ordem de manutenção preventiva.</p> <p>Consoante a análise do certificado, e o conseqüente preenchimento do impresso Aceitação de Certificados, o equipamento será ou não aceite. Se for aceite, todos os seus registos serão atualizados (Ficha de Identificação de EMM e Plano de Manutenção) e o EMM será entregue ao utilizador responsável ou alocado a um posto de trabalho.</p> <p>Caso o equipamento seja rejeitado é necessário concluir se este terá sido utilizado anteriormente, se sim, será analisada e tratada qualquer não conformidade existente.</p> <p>Se o equipamento rejeitado não foi utilizado ou não deu origem a nenhuma não conformidade, segue-se à sua avaliação física.</p> <p>Poderá ser possível uma reparação do equipamento, se sim, deverá ser consultado o fluxograma seguinte. Caso seja possível a reparação, o equipamento terá que sofrer uma calibração após esta.</p> <p>Se não se tratar de um dano físico, poderá ser possível aceitar o equipamento sob uma concessão. Se não for possível fazer isto, o equipamento deverá ser inutilizado.</p> <p>Se for possível a situação anteriormente explicada, o equipamento será aceite e limitado a uma utilização numa Gama de Aceitação definida. Todas e quaisquer alterações efetuadas ao estado do equipamento (calibrado, verificado, rejeitado e aceite sob concessão) devem ser registadas na Ficha de identificação de EMM.</p>

Quando se necessita reparar um EMM é necessário realizar as atividades descritas na Tabela 9.

Tabela 9 – Metodologia para a reparação de um EMM.

Adaptada de [15]

Fluxograma	Descrição das Atividades
 <pre> graph TD     A[Reparação do EMM] --&gt; B{Possível reparação?}     B -- Não --&gt; C[Inutilizar o EMM]     B -- Sim --&gt; D{Valor da reparação &gt; EMM novo?}     D -- Sim --&gt; E[Comprar um EMM novo]     D -- Não --&gt; F{Possível efetuar reparação internamente?}     F -- Sim --&gt; G[Reparar internamente o EMM]     F -- Não --&gt; H[Subcontratar a reparação do EMM]                     </pre>	<p>Iniciar o processo de reparação do EMM.</p>
<p>Possível reparação?</p> <p>Não → Inutilizar o EMM</p> <p>Sim</p>	<p>É necessário avaliar se existe a possibilidade de reparar o equipamento. Se não existir, este deverá ser inutilizado. Com isto, entende-se a atualização do seu estado na Ficha de Identificação do EMM, à sua identificação com a respetiva etiqueta e posterior destruição.</p>
<p>Valor da reparação &gt; EMM novo?</p> <p>Sim → Comprar um EMM novo</p> <p>Não</p>	<p>Se existir a possibilidade de arranjar o equipamento, deverá ser apurado se o valor do arranjo ultrapassa o valor de um equipamento novo. Se sim, poderá ser considerada a compra de um equipamento novo.</p>
<p>Possível efetuar reparação internamente?</p> <p>Sim → Reparar internamente o EMM</p> <p>Não</p>	<p>Se for optado por uma reparação ao equipamento, e essa reparação possa ser efetuada internamente, terá que ser preenchido um Pedido de Intervenção à Manutenção.</p>
<p>Subcontratar a reparação do EMM</p>	<p>Se não existir capacidade interna para reparar o equipamento em questão, deverá ser subcontratada uma reparação, normalmente ao fornecedor do equipamento.</p>

O mesmo procedimento define que a escolha de um EMM deve basear-se num critério a estabelecer pelo cliente ou pela CAER, tendo sido definido como critério genérico que a resolução do equipamento a ser utilizado terá que ser 10 vezes maior do que a tolerância aplicável.

$$\text{Resolução EMM} > 10 * \text{Tolerância Aplicável}$$

Com esta resolução consegue-se garantir que a medição efetuada está correta em termos de resolução do equipamento.

No que diz respeito à receção e verificação de um novo EMM, é necessário verificar o seu aspeto visual e de funcionamento e a respetiva documentação presente com o equipamento. É também requisito verificar se o equipamento rececionado corresponde ao equipamento pedido.

Neste mesmo procedimento está estabelecido como proceder quando se pretende preparar o EMM. Começa-se pela sua introdução ou atualização numa lista de equipamentos ao qual é atribuída uma identificação interna única e inequívoca, que respeita uma numeração sequencial cujo formato é EMMsss. Este formato segue um padrão, sendo EMM a sigla de equipamento de medição e monitorização e ssss corresponde a um número desde 0001 até 9999. Ou seja o primeiro equipamento da CAER foi identificado com EMM0001 que corresponde a um paquímetro.

Neste ponto estabelece-se também o seu período inicial de calibração/verificação. Essa periodicidade está indicada no plano de calibração, onde estão presentes todos os equipamentos da CAER, e permite saber “Quando” e “Como” se vai testar o equipamento.

Tendo em conta a vasta informação presente na lista de equipamentos da CAER, e a impossibilidade de a colocar neste relatório, optou-se por colocar parte do plano de calibração existente (Tabela 10), que evidencia algumas informações referentes a cada equipamento, desde a sua designação, a sua identificação interna e a periodicidade de calibração.

Tabela 10 – Plano de calibração para EMM da CAER.

Adaptado de [16]

Código EMM	Designação	Data Última Calibração	Data Próxima Calibração		Estado	Periodicidade (MESES)
			Ano	Mês		
<b>EMM0001</b>	Paquímetro Digital	04-06-2013	2015	junho	OK	24
<b>EMM0002</b>	Paquímetro Digital	04-06-2013	2015	junho	OK	24
<b>EMM0003</b>	Comparador Analógico	03-06-2013	2014	junho	OK	12
<b>EMM0004</b>	Comparador Analógico	03-06-2013	2014	junho	OK	12
<b>EMM0005</b>	Micrómetro Exteriores	04-06-2013	2014	junho	OK	12
<b>EMM0006</b>	Micrómetro Exteriores	04-06-2013	2014	junho	OK	12
<b>EMM0007</b>	Micrómetro Exteriores	04-06-2013	2014	junho	OK	12
<b>EMM0008</b>	Micrómetro Exteriores	04-06-2013	2014	junho	OK	12
<b>EMM0009</b>	Micrómetro Exteriores	04-06-2013	2014	junho	OK	12
<b>EMM0010</b>	Micrómetro Exteriores	04-06-2013	2014	junho	OK	12

Outro dos documentos que acompanha o equipamento é a ficha de identificação de EMM, onde estão indicadas as características associadas ao mesmo, entre outras informações. A Figura 63 mostra um exemplo de uma ficha de identificação de um EMM.

<b>Ficha de Identificação de EMM</b>				
<b>EMM0084</b>				
<b>Identificação</b>				
<b>Designação:</b>	Paquímetro Digital	<b>Gama Utilização:</b>	0-150 mm	<b>Local de utilização:</b>
<b>Marca:</b>	Mitutoyo	<b>Resolução:</b>	0,01 mm	Metrologia
<b>Modelo:</b>		<b>Periodicidade:</b>	24 meses	
<b>Nº de Série:</b>	13332158	<b>Estado Actual:</b>	Uso	<b>Pessoa responsável:</b>
<b>Fornecedor:</b>	Hoffmann	<b>Data de Aquisição:</b>	21-03-2014	
<b>Acessórios</b>				
<b>Plano de Calibração</b>				
<b>Data Calibração</b>	<b>Nº Certificado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Entidade</b>	<b>Responsável</b>
21-03-2014	N-443683	OK	Perschmann	

Figura 63 – Ficha de identificação do EMM0084 existente no Laboratório da CAER.

Adaptado de [17]

Por último, é necessário identificar com a etiqueta correspondente, o equipamento. A Figura 64 mostra a imagem de um paquímetro e a respetiva etiqueta de identificação, cuja cor verde evidencia o seu uso sem restrições, ou seja, utilizado em toda a gama de medição.



Figura 64 – Equipamento com etiqueta de identificação a evidenciar uso sem restrições

A gestão por cores, verde para uso sem restrições, amarelo para uso com restrições e vermelho para equipamento fora de uso permite uma melhor gestão visual. É frequentemente utilizada a nível da indústria. Também se aplica este sistema de cores aos produtos fabricados, sendo o produto aprovado associado à cor verde, produto suspeito indicado com cor amarela e o produto não conforme associado a cor vermelha.

Após a preparação do EMM, este é entregue/alocado a um colaborador ou posto de trabalho, sendo transmitido aos responsáveis a informação que se considera conveniente quanto ao funcionamento do equipamento, podendo ser associada a esta entrega uma IT do equipamento em questão.

Quando se pretende efetuar o controlo e monitorização de equipamentos, numa primeira fase, faz-se um controlo da listagem dos equipamentos, que inclui a consulta do plano de calibração no sentido de se confirmar as necessidades de calibração e verificação do mês seguinte e efetuar o planeamento da recolha ou eventual substituição do EMM em questão.

De salientar que, o controlo implica uma contínua verificação do estado do equipamento por parte da Qualidade, bem como do colaborador que utiliza o equipamento, que tem como responsabilidade o uso apropriado do mesmo.

A calibração é por excelência a melhor operação para controlo de equipamentos. A periodicidade de calibração/verificação de cada equipamento utilizado na CAER obedece a uma norma de referência<sup>46</sup> fornecida pelo cliente, cujo objetivo é *“determinar o intervalo de calibração aplicável a cada equipamento ou item de medição, conferindo validação das características que definem a conformidade com os requisitos de qualidade ou segurança do produto”*.

Quando se verifica a necessidade de efetuar a calibração de um equipamento, procede-se à sua calibração/verificação junto de um laboratório externo acreditado para o efeito e autorizado pelo cliente.

---

<sup>46</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

Atualmente são 96 os equipamentos a serem geridos pela equipa de Metrologia, incluindo os equipamentos guardados no laboratório e os equipamentos alocados aos diferentes colaboradores, que permanecem nos vários postos de trabalho. Visto que praticamente todos os equipamentos seriam para calibrar em junho de 2014, optou-se por antecipar algumas dessas datas de calibração/verificação para alguns dos equipamentos, por forma a não existir um conflito entre a necessidade e a ausência de equipamentos.

Caso ocorram danos num dado equipamento e seja necessária a sua calibração, esta ocorre após a reparação do mesmo mas sem substituir a calibração planeada.

É fundamental a toda a gestão dos EMM a análise de certificados de calibração emitidos pela entidade acreditada. Mas tendo em conta a duração do estágio e a dedicação a outras atividades consideradas de maior prioridade no momento para a empresa, não foi possível a concretização dessas análises.

Quando o resultado da calibração vai ao encontro do critério de aceitação presente na folha de aceitação de certificados, o equipamento é aceite. Caso este critério não seja respeitado, averigua-se a possibilidade de adaptar o equipamento a outra gama de operações limitando a sua aplicabilidade. Sempre que estas situações ocorrem deve-se incluir a atualização dos dados do equipamento na lista de equipamentos, quer na ficha de identificação de EMM, quer no plano de manutenção e com a respetiva etiquetagem. A Figura 65 ilustra um escantilhão, cuja utilização apresenta restrições, sendo as etiquetas amarelas uma evidência dessa mesma situação.



Figura 65 – Equipamento com etiqueta de identificação a evidenciar uso com restrições

Está estabelecido que um equipamento é considerado inapto quando se detetarem danos físicos extremos ou algum dano que afete a sua funcionalidade; se não for cumprido o período de calibração ou se não respeitar o critério de aceitação. Quando se deteta um equipamento nestas circunstâncias, o QAS averigua a aptidão do EMM ou

requere à entidade calibradora que o faça. Se este não se encontrar apto, deve ser marcado como fora de serviço, sendo-lhe aplicada uma etiqueta de identificação, como a da Figura 66.



Figura 66 – Equipamento com etiqueta de identificação a evidenciar que está fora de serviço

Quando este estado surge, é necessário atualizar-se a ficha de identificação do EMM, a lista de equipamentos e retirá-lo do plano de manutenção na próxima atualização. Todos os equipamentos colocados como Fora de Serviço são segregados num local indicado para o efeito e posteriormente destruídos.

Na CAER existem equipamentos que não são sujeitos a calibração mas sim a uma verificação periódica, quer para controlar o aspeto visual quer o aspeto funcional dos mesmos. Esta situação é evidenciada por uma etiqueta como a representada na Figura 67.



Figura 67 – Equipamento com etiqueta de identificação a evidenciar que está sujeito a verificação

Todas as verificações são registadas numa ficha de verificação de equipamentos, elaborada para o efeito. A Figura 68 mostra um exemplar da ficha de verificação de equipamentos.

VERIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS			
IDENTIFICAÇÃO DO EMM			
Designação:		Gama de Utilização:	
Nº EMM:		Resolução:	
Nº Série:		Periodicidade:	
INSPEÇÃO VISUAL			
Inspeccionar visualmente o equipamento para comprovar que não apresenta defeitos nem outras marcas de uso.			
Presença de ferrugem:		Sim	Não
Presença de furos ou amolgaço		Sim	Não
Presença de riscos profundos:		Sim	Não
Observações			
Estado geral do equipamento:		OK	NOK
ANÁLISE FINAL DO EQUIPAMENTO			
Avaliação final do equipamento:		Apto	Inapto
VALIDAÇÃO FINAL (Responsável)			

Figura 68 – *Template* para ficha de verificação de EMM utilizada na CAER

Adaptado de [18]

A periodicidade da verificação está definida do mesmo modo que a dos equipamentos sujeitos a calibração.

### 4.3 Equipamentos utilizados nas diferentes medições

Um dos requisitos da norma NP EN ISO 9001 é a competência dos recursos humanos internos sobre Metrologia e gestão dos EMM, para assegurar a eficácia das medições. Apenas pessoas com as competências adequadas podem realizar verificações, calibrações ou ajustes nos EMM, bem como proceder à avaliação e registo da validade dos resultados de medição. Desta forma a equipa de inspeção é formada por pessoas com formação académica na área da Metrologia.

São vários os equipamentos disponíveis no laboratório e a escolha correta do equipamento a utilizar depende da precisão da medida que se quer obter e do tipo de medição que se quer efetuar.

Para um laboratório de Metrologia o instrumento de medição deve ser pelo menos 10 vezes mais preciso do que a tolerância da medida a efetuar. Até à data, maioritariamente as medidas efetuadas são da ordem de grandeza de 0,1 mm, logo o instrumento de medição deverá ter uma precisão de 0,01 mm [19].

Um dos equipamentos mais utilizados é o paquímetro de leitura digital. Existem vários disponíveis, com gama de medição entre 0 a 150 mm cuja resolução é de 0,01 mm e um paquímetro de alcance 350 mm e resolução de 0,01 mm. Efetuam-se com os paquímetros, com muita regularidade, medições de espessuras, diâmetros, distâncias entre peças e profundidades.

A Figura 69 evidencia uma medição do diâmetro de um furo com as maxilas de interiores do paquímetro.



Figura 69 – Ilustração de uma medição de interiores com recurso a paquímetro

As medições de exteriores são as mais frequentes, e um exemplo é a medição de cotas lineares, como por exemplo o comprimento de uma peça. A Figura 70 exemplifica uma medição de exteriores.



Figura 70 – Ilustração de uma medição de exteriores com recurso a paquímetro

Visto que muitas peças apresentam furos, vulgarmente com um diâmetro de 2,5 mm, e é requisito do cliente verificar as distâncias entre estes, recorre-se ao paquímetro para efetuar este tipo de medição. A Figura 71 evidencia um exemplo de uma medição entre dois furos.



Figura 71 – Ilustração de uma medição entre dois furos existentes numa peça com recurso a paquímetro

Outro equipamento utilizado com frequência é o micrómetro de interiores. Existem vários disponíveis, com gamas de medição a variar entre os 6 mm e 50 mm e resolução de 0,005 mm. Todos apresentam a tipologia micrómetro de três contactos.

Muitas vezes vem identificado no desenho da peça, uma cota que corresponde ao diâmetro de um furo, acompanhada por uma tolerância específica dada pelo cliente. Como essa tolerância pode ser na ordem das centésimas, exige uma maior resolução por

parte do equipamento. Como por exemplo no desenho ilustrado pela Figura 72 cujo diâmetro de 8 mm necessita ser medido com um micrómetro de interiores.

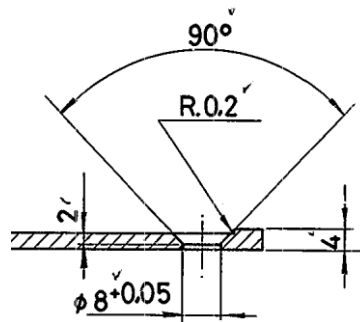


Figura 72 – Desenho técnico com diâmetro de 8 mm e tolerância definida pelo cliente.  
(Adaptado de desenho técnico fornecido pelo cliente)

A Figura 73 exemplifica uma medição com recurso a micrómetro de interiores.

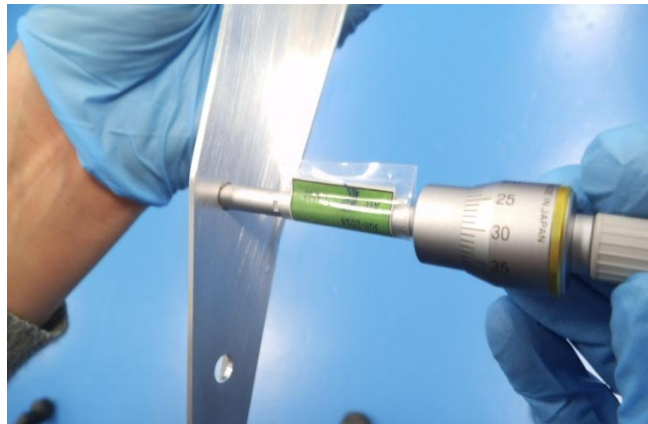


Figura 73 – Ilustração da medição de um furo com recurso a um micrómetro de interiores

Outro dos equipamentos com elevada importância para as medições efetuadas na inspeção dos componentes aeronáuticos é o graminho digital, cujo alcance é de 600 mm e apresenta resolução de 0,001 mm. É frequentemente utilizado para medir cotas lineares e espessuras. A Figura 74 exemplifica uma medição com graminho.



Figura 74 – Ilustração da medição de cotas lineares com recurso ao graminho

Os equipamentos anteriormente referidos são usados somente para medições lineares. O goniómetro é um dos equipamentos utilizados para medições angulares em componentes aeronáuticos, que não necessitam de um extremo rigor. A menor divisão é de  $1^\circ$ . A Figura 75 evidencia uma medição de um ângulo de  $67,8^\circ$ .



Figura 75 – Ilustração da medição de cota angular de uma peça com recurso ao goniómetro

Quando se pretende efetuar medições de raios internos e externos recorre-se ao escantilhão de concordâncias, côncavas e convexas. Existem 3 escantilhões no laboratório, sendo um com gama de 1 a 7 mm e os outros dois com gama de 7,5 a 15mm. A Figura 76 evidencia, respetivamente, a medição de um raio interior e de um

raio exterior de uma dada peça. O escantilhão deve adaptar-se perfeitamente à concordância a verificar.

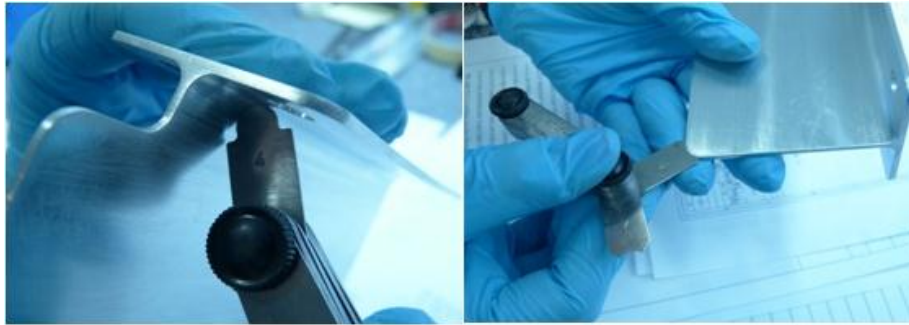


Figura 76 – Ilustração da medição de raio exterior e interior com recurso a um escantilhão

Outro dos equipamentos utilizados com frequência é o rugosímetro. Estando a rugosidade relacionada com o estudo das características metrológicas das superfícies das peças e, como já referido anteriormente, um dos requisitos do cliente for efetuar a sua verificação, seria indispensável o uso de um rugosímetro. Quando se efetua a medição de rugosidade escolhe-se a zona da peça que visualmente aparenta maior rugosidade. Na Figura 77 consegue visualizar-se a medição da rugosidade numa peça.



Figura 77 – Ilustração de medição da rugosidade com recurso ao rugosímetro

Por último referir o equipamento utilizado com maior frequência, a MMC, Máquina de Medição por Coordenadas. Este equipamento é caracterizado pela alta velocidade de medição, pelos seus recursos quase ilimitados de medição geométrica, por apresentar baixa incerteza, permitir medições de geometrias complexas e programação *off-line*. É um equipamento versátil e flexível, que apresenta elevado grau de automatização e informatização das medições, possibilitando rotinas de medição armazenagem de resultados e emissão de relatórios de inspeção. Por ter todas estas

características é muito utilizada ao longo de todo o ciclo produtivo de uma peça. Desde o desenvolvimento do produto (Industrialização), desenvolvimento do processo (FAI) à produção em série.

A peça a ser medida é fixada à mesa de granito através de meios de fixação próprios. Efetuam-se medições com a MMC para todas as peças de industrialização, para as OP FAI, e para peças de OP série, cujas cotas não se conseguem medir manualmente. A Figura 78 ilustra uma medição com recurso à MMC.

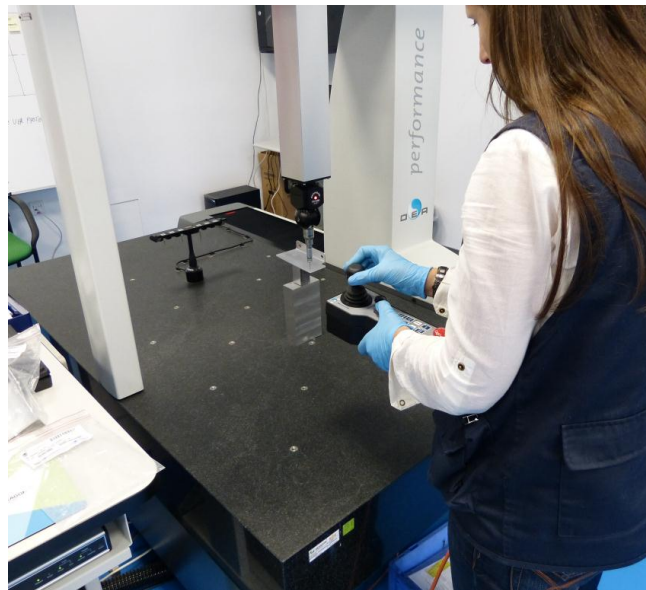


Figura 78 – Ilustração de medição de cotas gerais de uma peça com recurso à MMC

#### 4.4 Fontes de influência nas medições

Um processo produtivo está sujeito a uma série de fatores de influência que definem a sua variabilidade. As causas estão, em geral relacionadas com fatores de manufatura: matéria-prima, máquina, medida, ambiente, mão-de-obra (operador) e método. A Figura 79 pretende ilustrar os vários fatores de influência. O controlo dos fatores de influência é fundamental para a manutenção da qualidade dos produtos do processo [20].



Figura 79 – Fatores de influência num processo produtivo.  
Retirado de [20]

Analogamente, fontes de incerteza influenciam um processo de medição. (ver Figura 80).

Por incerteza de medição entende-se parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a uma mensuranda com base nas informações actualizadas [21].



Figura 80 – Fontes de incerteza num processo de medição.  
Retirado de [20]

Especificamente num processo de medição por coordenadas existem várias fontes que influenciam nos resultados de medição. De uma forma geral, estas fontes de incerteza podem ser associadas à MMC, à peça a inspecionar, às condições ambientais onde se encontra a máquina, aos operadores e programadores da máquina e aos procedimentos e estratégias de medição [20].

Cada uma das fontes de incerteza “principais” pode ser subdividida em várias outras, como se pretende mostrar na Figura 81.

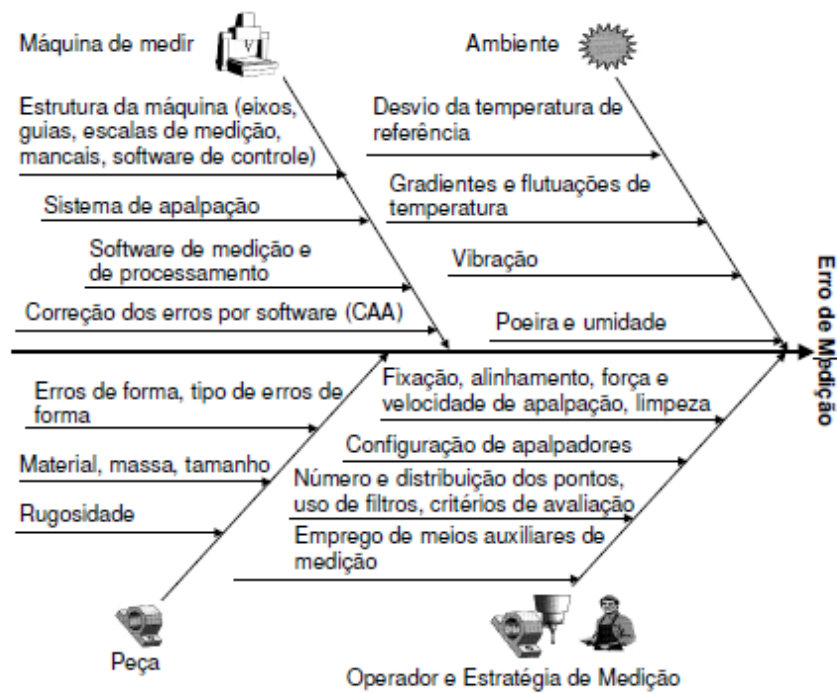


Figura 81 – Fontes de incertezas na medição por coordenadas.

Retirado de [21]

Algumas têm um efeito a curto prazo, como a repetibilidade da máquina e a repetibilidade do dispositivo de fixação. Outras têm efeito nos resultados de medição após um longo período de tempo, ou gradualmente, no caso do desajuste da máquina de medição, ou bruscamente, como mudanças no procedimento ou estratégias de medição, ou irregularmente, como mudanças no fornecimento de energia elétrica ou de ar comprimido [21].

## Capítulo 5 – Discussão geral do trabalho realizado

A Metrologia e a Normalização são os pilares de sustentação da Qualidade. O setor industrial, em especial o aeronáutico, insere-se num mercado cada vez mais exigente e competitivo. Ao longo de todo o estágio adquiriram-se e desenvolveram-se competências ao nível dos principais conceitos relacionados com Qualidade e, numa primeira fase, houve necessidade de se realizar uma análise das normas NP EN ISO 9000, NP EN ISO 9001 e EN 9100:2009 disponibilizadas pela organização.

A CAER é uma organização nova, com cerca de um ano e meio de existência, e obteve a sua certificação pela EN 9100:2009 em janeiro de 2014, o que coincidiu com o início do presente estágio curricular. Este facto levou a uma necessidade célere de um conhecimento do SGQ implementado, da documentação interna da CAER, desde o manual da qualidade, processos e procedimentos internos, instruções e registos, para que se conseguisse acompanhar o funcionamento da organização. Em concreto, foi necessário conhecer com detalhe os procedimentos relativos à normalização, à regulamentação técnica e à avaliação da conformidade.

Durante a realização do estágio houve a preocupação de contribuir sempre que possível para o processo de melhoria contínua, pelo que foram feitas várias sugestões de melhoria, tendo algumas delas sido mesmo concretizadas.

Um dos objetivos a cumprir passava pela análise de documentos associados ao processo produtivo. No presente relatório foi evidenciado um estudo exaustivo do documento ordem de produção, que pode ser considerado como o documento de maior importância para quem efetua a inspeção dos componentes aeronáuticos pois fornece várias informações e pode ser visto como o elo de ligação aos restantes documentos. Os documentos associados à ordem de produção, como as normas associadas, desenhos técnicos, desenhos gráficos, instruções de trabalho e instruções de verificação foram também objeto de análise ao longo do estágio. Todos estes documentos estão associados quer ao processo produtivo quer à inspeção dos componentes aeronáuticos.

Um dos requisitos normativos ao nível da inspeção dos componentes metálicos por parte da Airbus Military é a utilização de uma instrução de verificação. Muito do trabalho desenvolvido ao longo do estágio se centrou neste documento, na sua elaboração e reorganização. Inicialmente o seu formato envolvia um ficheiro em Excel, onde se colocavam todas as informações sobre uma determinada peça, de forma manual e com recurso às informações dadas pelo desenho técnico e norma de referência para as tolerâncias de cotas. Este procedimento era moroso e sujeito a falhas, pois implicava uma análise detalhada da norma sempre que se pretendia elaborar uma instrução de verificação para cada Part Number. Implementou-se uma melhoria ao nível da sua elaboração, conseguindo-se colocar de forma automática os limites superior e inferior associados aos valores nominais, baseados na tolerância retirada da norma, sendo apenas necessário identificar a tipologia da cota em questão. Conseguiu-se uma maior rapidez de processo e menor probabilidade de falhas.

Em anexo pode consultar-se um exemplar de uma Instrução de Verificação que apresenta o formato inicial (Anexo D) e outro exemplar que evidencia o formato atual (Anexo E).

Tendo como meta adquirir aptidões ao nível da realização da inspeção de componentes metálicos produzidos na CAER, foi necessário conhecer as principais normas fornecidas pelos clientes, o que abarcou o estudo de cerca de 50 normas específicas para a inspeção de componentes metálicos, fornecidas pela Airbus Military. As normas em questão tinham influência direta no trabalho diário desenvolvido na CAER, quer ao nível de todo o processo de fabrico quer ao nível da inspeção.

Outra das metas a cumprir era a preparação para a Homologação de Verificadores da Airbus. Todo o trabalho desenvolvido ao longo do estágio, quer a nível de estudo das normas, quer ao nível das medições, está intrinsecamente ligado à preparação para o exame de homologação de verificadores da Airbus, exigido por parte da Airbus Military aos colaboradores da CAER que efetuam a inspeção. Este exame consiste em duas componentes, uma teórica e outra prática, sendo os conteúdos teóricos referentes a seis temáticas: atributos, não conformidades, interpretação de desenhos técnicos, documentação de entrega, processos especiais e Metrologia. Já a componente prática consiste num exercício prático, de análise e verificação dimensional através de

um desenho técnico e de uma peça, para que se indique as cotas medidas, os instrumentos utilizados e se detetem possíveis defeitos presentes. A avaliação deste exame é extremamente exigente, sendo requisito da Airbus uma aprovação em 80% dos conteúdos teóricos e obter aprovação na componente prática. Todas as atividades inerentes ao estágio serviram como preparação prévia para a realização deste exame. Para auxiliar na preparação para o exame, foram ministradas algumas horas de formação à equipa de inspeção, quer por parte da Airbus Military quer por parte de um verificador de nacionalidade espanhola, da empresa Altran, já certificado pela Airbus.

A gestão e calibração dos EMM insere-se na área da Metrologia industrial e é uma ferramenta fundamental de apoio à Qualidade que qualquer organização deve dispor no âmbito da gestão pela norma NP EN ISO 9001:2008. Em qualquer SGQ tem que se identificar os EMM, definir um plano de calibração e controlo assegurado por medidas de calibração e verificação para garantir a conformidade dos mesmos. Os procedimentos de gestão e controlo dos EMM já estavam elaborados e em prática à data do início do estágio. Um dos objetivos do presente estágio no que diz respeito à gestão dos EMM era adquirir os conhecimentos necessários para de futuro poder vir a ser totalmente concretizado.

Grande parte do trabalho desenvolvido centrou-se na concretização de verificações dimensionais em peças produzidas na CAER e na qualidade metrológica dessas medições. Foram disponibilizados pelo cliente cerca de 240 Part Numbers e futuramente serão mais 2000 Part Numbers novos. Estes números implicam a análise de um número elevado de desenhos técnicos, estando inerente uma enorme diversidade de simbologia, normas requeridas e de uma complexidade elevada. Foi necessário adquirir conhecimentos específicos sobre desenho técnico em geral, cotagem e simbologia associada, e para isso recorreu-se a livros técnicos da área. Foram também adquiridos em contexto prático, conhecimentos ao nível dos desenhos técnicos específicos para aeronáutica, em concreto da Airbus Military.

As atividades de medição recorrem-se de normas e regulamentos técnicos que necessitam da compreensão adequada ao processo de medição, bem como da expressão correta dos resultados e das incertezas associadas. Para a concretização da inspeção foi necessário proceder a uma série de medições nos diferentes componentes produzidos.

Efetuar-se medições em centenas de peças fabricadas o que permitiu adquirir competências específicas ao nível de:

- Compreensão dos aspetos envolvidos no processo de medição e dos fatores que afetam o resultado de uma medição;
- Aplicação de conceitos básicos como exatidão e incerteza do resultado de uma medição, bem como de calibração e rastreabilidade de um instrumento ou padrão;
- Avaliação do grau de confiabilidade de uma medida;
- Expressão correta dos resultados de uma medição;
- Conhecimento de formas de garantir a rastreabilidade de um resultado;
- Utilização de diferentes equipamentos de medição.

Através de todas as medições efetuadas conseguiu-se adquirir experiência na deteção de defeitos visuais característicos nas peças metálicas, quer devido ao método de maquinação quer a falhas nos acabamentos. Por diversas vezes se encontraram peças com marcas deixadas pelas ferramentas, com rebarbas ou arestas afiadas. Sempre que esta situação ocorria era solicitado a um operador responsável pelos acabamentos que efetua-se a devida correção.

No decorrer das medições, surgiram dúvidas em peças cujos valores reais de algumas cotas se encontravam fora de tolerância. Como primeira abordagem, a equipa de Metrologia analisou a(s) peça(s) para perceber se haveria possibilidade de retrabalho e dependendo da criticidade do defeito a decisão a tomar variou desde considerar a peça como não conforme ou estabelecer contacto com o cliente, para perceber a possibilidade de este aceitar essas mesmas peças.

Outra meta a cumprir era uma melhoria a nível do fluxo de trabalho no interior do laboratório de Metrologia ao nível da inspeção. Nesse sentido criou-se uma metodologia, com base num documento que permite a gestão diária das OP. Nesse documento registam-se diariamente as ordens de produção que entram no laboratório. À medida que vão sendo inspecionadas altera-se o seu nível de inspeção de “*Aguarda inspeção*” para “*Em curso*”. Entre outras informações, identifica-se se já existe programa para a sua medição com a MMC, a quantas peças corresponde cada OP e se é uma OP FAI ou Série. Desta forma conseguiu-se uma melhor organização da rotina diária de inspeção, ajudando os diferentes elementos da equipa de inspeção, que

trabalham em turnos diferentes, a gerir as medições de maneira mais eficaz e rápida. O documento em questão, denominado de Lista QAS pode ser consultado em anexo (Anexo F).

Outra das propostas de melhoria ao processo de inspeção que se concretizou evidencia-se na Figura 82.

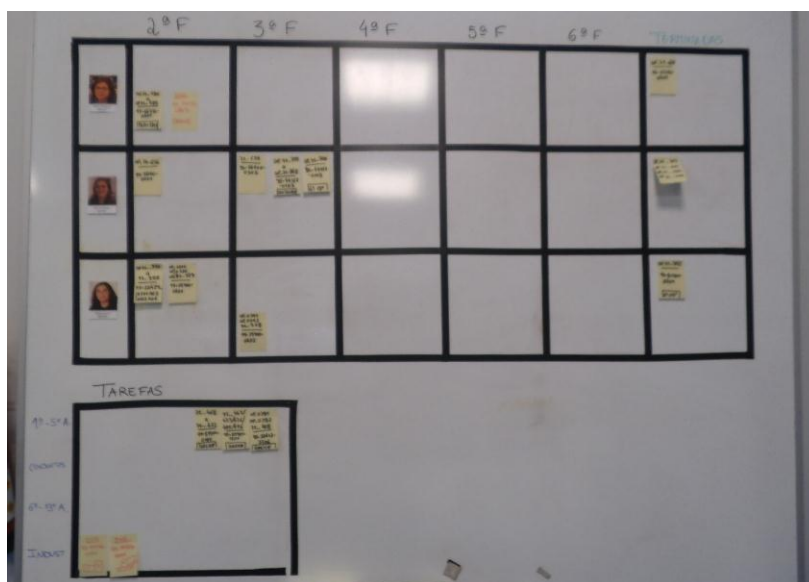


Figura 82 – Quadro auxiliar para a gestão diária das tarefas de inspeção

Este quadro foi colocado no laboratório de Metrologia para auxiliar na gestão diária das tarefas a realizar. Diariamente são estabelecidas as tarefas e distribuídas pelos três elementos responsáveis pela inspeção de acordo com as prioridades estabelecidas e pelos equipamentos disponíveis.

Do ponto de vista de quem realiza as inspeções poderão ser implementadas outras melhorias ao nível do fluxo de trabalho, concretamente:

- Definição de critérios de medição por parte do cliente, pois maioritariamente é decidido internamente o que torna o processo mais moroso;
- Estudo estatístico que permitisse decidir uma amostragem de peças a medir por cada OP;
- Optimizar a utilização da MMC, com programas mais curtos (menos pontos) e tentar arranjar alternativas de medição manual;
- Mais formação aos operadores no que diz respeito ao cumprimento dos requisitos relacionados com a documentação;

- Elaboração de um catálogo de defeitos característicos que vão surgindo nas medições das várias peças fabricadas, para ajudar nas medições futuras;
- Instruções de verificação passarem a ser elaboradas pela equipa de ENG.

Por último considero que o trabalho desenvolvido na Caetano Aeronautic durante o estágio curricular resultou numa série de benefícios para a organização, contribuindo para o sucesso organizacional da mesma, quer através de um aumento da produtividade na inspeção dos componentes quer através da melhoria ao nível dos serviços prestados.

## Capítulo 6 – Perspetivas de trabalho futuro

Futuramente pretende-se dar continuidade ao trabalho desenvolvido no estágio a nível da inspeção dos componentes aeronáuticos.

Um dos objetivos a desenvolver num futuro próximo é a programação ao nível da medição por coordenadas. Atualmente foram adquiridas competências apenas para a utilização da MMC, com programas previamente elaborados pelos restantes colegas de Metrologia. Será uma grande mais valia adquirir competências a este nível, quer do ponto de vista pessoal quer organizacional pois permitirá uma maior independência no processo de medição por coordenadas e permitirá a capacidade de decisão e avaliação ao nível do processo de industrialização. A qualificação metrológica dos recursos humanos envolvidos nas tarefas de medição por coordenadas é indispensável para aumentar a confiabilidade metrológica dos resultados.

Pretende-se aprofundar os conhecimentos ao nível do tratamento de não conformidades, de documentação de entrega e processos especiais, no sentido de continuar a preparação para a obtenção da Homologação de Verificador da Airbus.

É de salientar que o desenvolvimento industrial, a melhoria da qualidade dos processos e produtos e o aumento da competitividade exigem, cada vez mais, profissionais com boa formação em Metrologia e avaliação da conformidade. Neste sentido é imprescindível uma formação contínua. Visto que a implementação da área de compósitos da organização se encontra na iminência de iniciar é uma meta alargar os conhecimentos técnicos ao nível dos materiais compósitos.

## Referências

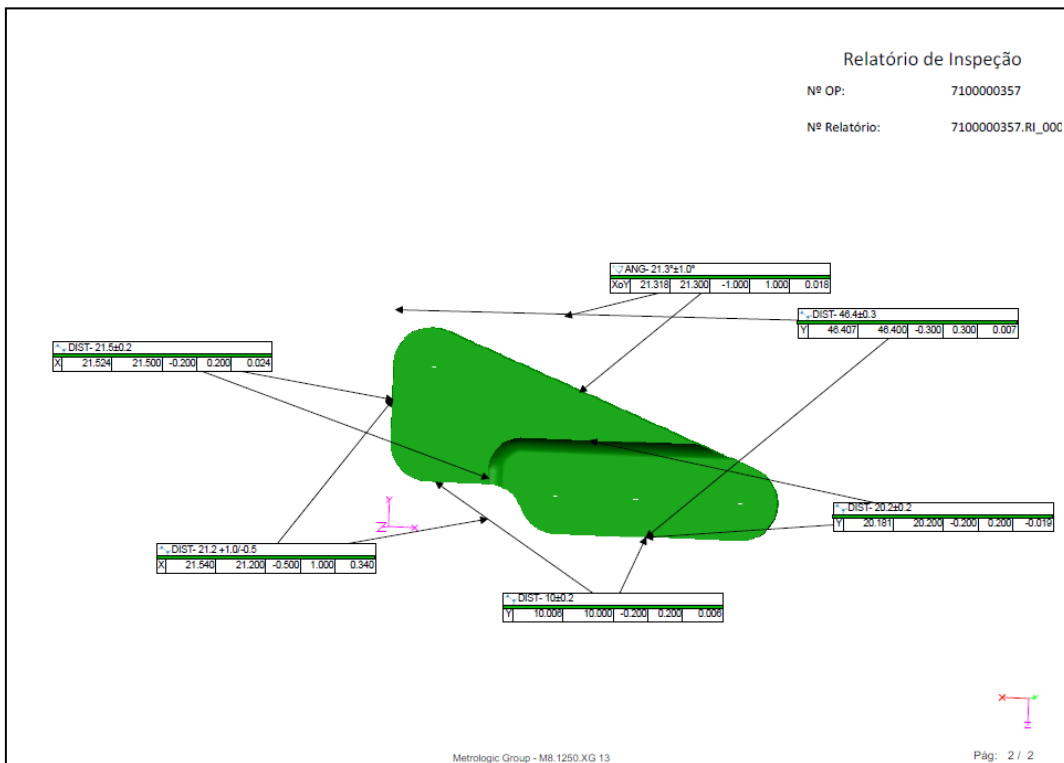
- [1] CAER (2014). Manual da Qualidade. Vila Nova de Gaia.
- [2] Decreto-lei nº142/2007 de 27 de Abril. Diário da República nº82/2007 – 1ª Série. Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento. Lisboa
- [3] Sousa, C. (2008). Cadernos Técnicos. Catim. Porto
- [4] CEN, Instituto Português da Qualidade, 2005.
- [5] CEN, EN 9100:2009 - Aerospace series – quality management systems – requirements and quality systems – model for quality assurance in design, development, production, installation and servicing., 2009.
- [6] Martins, A.G.S (2013). *Implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade numa Empresa do Setor Aeronáutico na Caetano Aeronautic*. Tese de Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão. Faculdade de Engenharia do Porto – Universidade do Porto.
- [7] CAER (2014). Template de Processo. Vila Nova de Gaia
- [8] CAER. (2014). Template de Procedimento. Vila Nova de Gaia
- [9] CAER (2014). Template de Ordem de Produção. Vila Nova de Gaia
- [10] CAER (2014) Template de Instrução de Verificação. Vila Nova de Gaia
- [11] Cunha, L. (2002) Desenho Técnico. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa
- [12] Durão, L. (2009) Apontamentos sobre Estado Geométrico de Superfície – Rugosidade. Caracterização de Materiais II. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto
- [13] Morais, J. (2007) Desenho de Construções Mecânicas em Desenho Técnico Básico. Gráficos Reunidos, LDA. Porto
- [14] CEN, Instituto Português da Qualidade, 2008.
- [15] CAER (2014). Procedimento (PC08.0\_008.04) Gestão dos Equipamentos de Medição e Monitorização
- [16] CAER. (2014). Plano de calibração dos EMM. Vila Nova de Gaia
- [17] CAER (2014). Ficha de identificação do EMM0084. Vila Nova de Gaia
- [18] CAER (2014). Template de ficha de verificação de EMM. Vila Nova de Gaia
- [19] Bernardo, M. Manual de Formação: Metrologia, Critérios de Aceitação. ISQ Labmetro. Porto Salvo.

[20] Oliveira, A. (2003) *Validação de processos de medição por coordenadas em operações de controle da qualidade*. Pós Graduação em Metrologia Científica e Industrial. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Mecânica. Labmetro. Florianópolis. Santa Catarina. Brasil.

[21] VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia – IPQ. 2012.

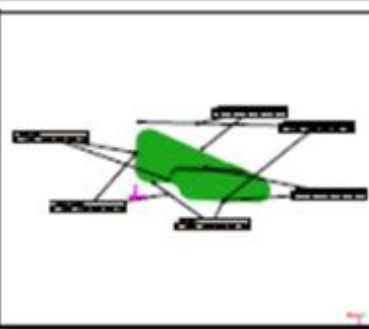
# Anexos

## Anexo A: Relatório dimensional (IMAGEM)



Anexo B: Relatório dimensional (TEXTO)

REFER.		NOMINAL	ACTUAL	TOL-	TOL+	DEV.	OUT OF TOL.
<b>RESULTADOS</b>							
ANG- 21.3°±1.0°	Ângulo LIN4 - LIN3 / ALINHAMENTO01 GEOMETRICO						
	3D	21.318	21.318			-0.000	
	XoY	21.300	21.318	-1.000	1.000	0.018	
	YoZ	78.593					
	ZoX	-0.040	0.000			0.040	
DIST- 10±0.2	Distância SUP20 - LIN1 / ALINHAMENTO01 GEOMETRICO						
	D1	10.117	10.129			0.012	
	D2						
	X	0.000	0.000			-0.000	
	Y	10.000	10.006	-0.200	0.200	0.006	
	Z	-1.514	-1.572			-0.058	
DIST- 46.4±0.3	Distância PNT2 - LIN1 / ALINHAMENTO01 GEOMETRICO						
	D1	46.441	46.407			-0.035	
	D2						
	X	0.008	0.000			-0.008	
	Y	46.400	46.407	-0.300	0.300	0.007	
	Z	0.084	-0.000			-0.084	
DIST- 21.2 +1.0/-0.5	Distância CIR2 - LIN2 / ALINHAMENTO01 GEOMETRICO						
	D1	21.546	21.540			-0.006	
	D2						
	X	21.200	21.540	-0.500	1.000	0.340	
	Y	-0.004	0.003			0.007	
	Z	0.045	0.000			-0.045	
DIST- 20.2±0.2	Distância PNT3 - LIN1 / ALINHAMENTO01 GEOMETRICO						
	D1	20.198	20.181			-0.017	
	D2						
	X	0.004	0.000			-0.004	
	Y	20.200	20.181	-0.200	0.200	-0.019	
	Z	0.036	0.000			-0.036	
DIST- 21.5±0.2	Distância PNT5 - LIN2 / ALINHAMENTO01 GEOMETRICO						
	D1	21.548	21.524			-0.024	
	D2						
	X	21.500	21.524	-0.200	0.200	0.024	
	Y	-0.004	0.003			0.007	
	Z	-0.020	0.000			0.020	
SUP7	Pnt. Superfície Em Superfície 704						
	N.D.	0.000	-0.013	-0.200	0.200	-0.013	
	X	12742.358	12742.358	-0.200	0.200	0.000	
	Y	-1001.000	-1000.987	-0.200	0.200	0.013	
	Z	2293.099	2293.099	-0.200	0.200	0.000	
SUP8	Pnt. Superfície Em Superfície 704						
	N.D.	0.000	0.012	-0.200	0.200	0.012	
	X	12724.485	12724.485	-0.200	0.200	0.000	
	Y	-1001.000	-1001.012	-0.200	0.200	-0.012	
	Z	2298.429	2298.429	-0.200	0.200	0.000	
SUP9	Pnt. Superfície Em Superfície 704						
	N.D.	0.000	0.049	-0.200	0.200	0.049	
	X	12699.160	12699.160	-0.200	0.200	0.000	
	Y	-1001.000	-1001.049	-0.200	0.200	-0.049	
	Z	2307.063	2307.063	-0.200	0.200	0.000	





Nº Relatório: 7100000357\_RI\_0001

Data: 11/04/14

Nº OP: 7100000357

	REFER.	NOMINAL	ACTUAL	TOL-	TOL+	DEV.	OUT OF TOL.
SUP10	Pnt. Superfície	Em Superfície 704					
	N.D.	0.000	0.007	-0.200	0.200	0.007	
	X	12743.321	12743.321	-0.200	0.200	0.000	
	Y	-1001.000	-1001.007	-0.200	0.200	-0.007	
	Z	2307.339	2307.339	-0.200	0.200	0.000	
SUP11	Pnt. Superfície	Em Superfície 704					
	N.D.	0.000	0.039	-0.200	0.200	0.039	
	X	12735.659	12735.659	-0.200	0.200	0.000	
	Y	-1001.000	-1001.039	-0.200	0.200	-0.039	
	Z	2318.482	2318.482	-0.200	0.200	0.000	
SUP12	Pnt. Superfície	Em Superfície 704					
	N.D.	0.000	0.024	-0.200	0.200	0.024	
	X	12727.059	12727.059	-0.200	0.200	0.000	
	Y	-1001.000	-1001.024	-0.200	0.200	-0.024	
	Z	2306.092	2306.092	-0.200	0.200	0.000	
SUP13	Pnt. Superfície	Em Superfície 735					
	N.D.	0.000	0.000	-0.200	0.200	0.000	
	X	12709.294	12709.294	-0.200	0.200	0.000	
	Y	-998.423	-998.423	-0.200	0.200	0.000	
	Z	2331.000	2331.000	-0.200	0.200	0.000	
SUP14	Pnt. Superfície	Em Superfície 735					
	N.D.	0.000	-0.000	-0.200	0.200	-0.000	
	X	12698.964	12698.964	-0.200	0.200	0.000	
	Y	-998.703	-998.703	-0.200	0.200	0.000	
	Z	2331.000	2331.000	-0.200	0.200	-0.000	
SUP15	Pnt. Superfície	Em Superfície 735					
	N.D.	0.000	-0.002	-0.200	0.200	-0.002	
	X	12685.738	12685.738	-0.200	0.200	0.000	
	Y	-998.643	-998.643	-0.200	0.200	0.000	
	Z	2331.000	2330.998	-0.200	0.200	-0.002	
SUP16	Pnt. Superfície	Em Superfície 735					
	N.D.	0.000	-0.006	-0.200	0.200	-0.006	
	X	12674.031	12674.031	-0.200	0.200	0.000	
	Y	-998.549	-998.549	-0.200	0.200	0.000	
	Z	2331.000	2330.994	-0.200	0.200	-0.006	
SUP17	Pnt. Superfície	Em Superfície 711					
	N.D.	0.000	0.003	-0.200	0.200	0.003	
	X	12748.000	12748.003	-0.200	0.200	0.003	
	Y	-999.607	-999.607	-0.200	0.200	0.000	
	Z	2297.174	2297.174	-0.200	0.200	0.000	
SUP18	Pnt. Superfície	Em Superfície 711					
	N.D.	0.000	0.000	-0.200	0.200	0.000	
	X	12748.000	12748.000	-0.200	0.200	0.000	
	Y	-999.061	-999.061	-0.200	0.200	0.000	
	Z	2303.476	2303.476	-0.200	0.200	0.000	
SUP19	Pnt. Superfície	Em Superfície 711					
	N.D.	0.000	-0.002	-0.200	0.200	-0.002	
	X	12748.000	12747.998	-0.200	0.200	-0.002	
	Y	-998.966	-998.966	-0.200	0.200	0.000	
	Z	2310.356	2310.356	-0.200	0.200	0.000	
SUP20	Pnt. Superfície	Em Superfície 750					
	N.D.	0.000	-0.001	-0.200	0.200	-0.001	
	X	12738.378	12738.378	-0.200	0.200	0.000	
	Y	-999.468	-999.468	-0.200	0.200	0.000	
	Z	2321.000	2320.999	-0.200	0.200	-0.001	
SUP21	Pnt. Superfície	Em Superfície 750					
	N.D.	0.000	-0.002	-0.200	0.200	-0.002	
	X	12729.383	12729.383	-0.200	0.200	0.000	
	Y	-998.895	-998.895	-0.200	0.200	0.000	
	Z	2321.000	2320.998	-0.200	0.200	-0.002	



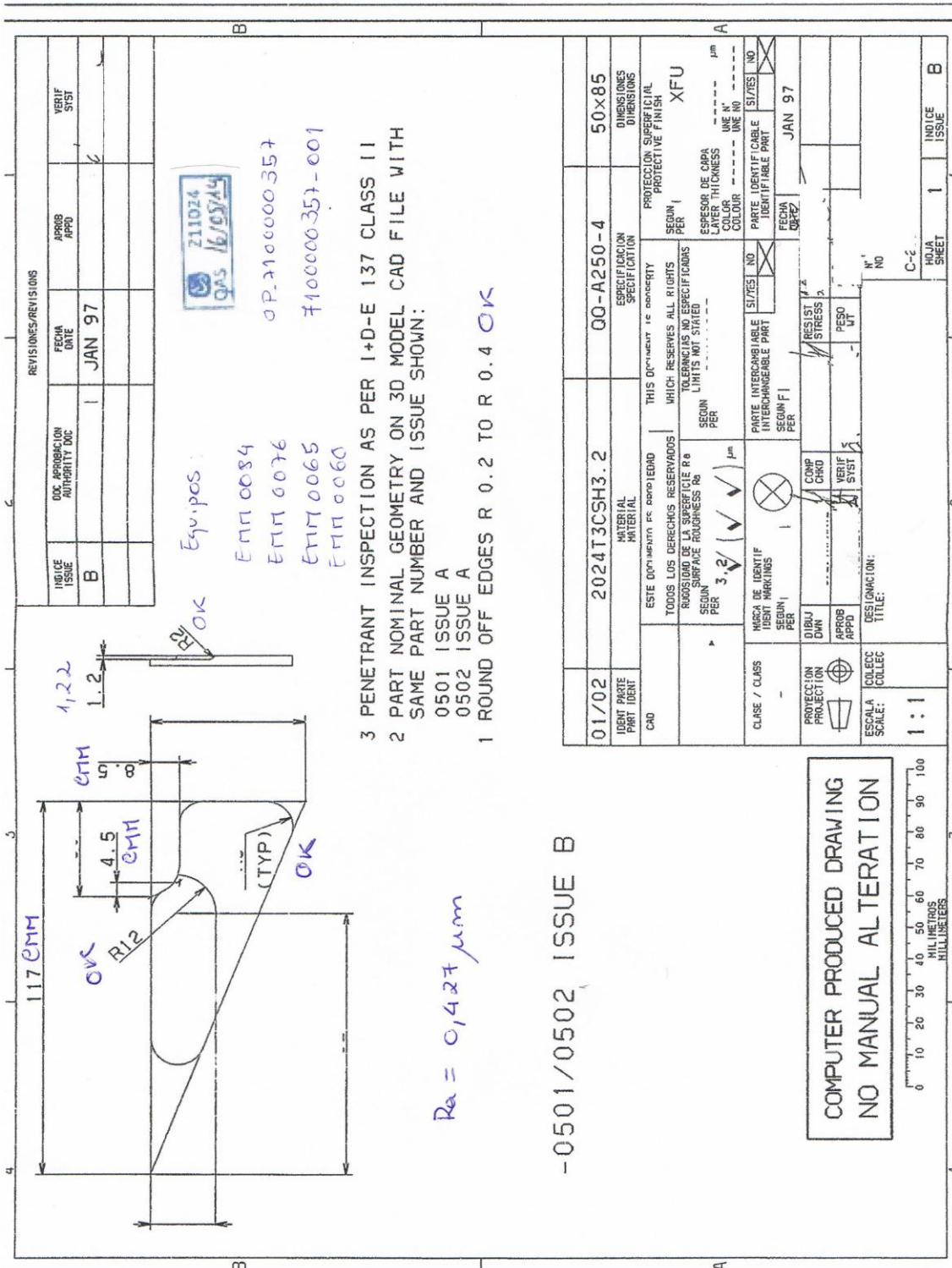
Nº Relatório: 7100000357.RI\_0001

Data: 11/04/14

Nº OP: 7100000357


	REFER.	NOMINAL	ACTUAL	TOL-	TOL+	DEV.	OUT OF TOL.
SUP22	Pnt. Superfície Em Superfície 723						
	N.D.	0.000	-0.037	-0.200	0.200	-0.037	
	X	12731.537	12731.550	-0.200	0.200	0.013	
	Y	-999.668	-999.668	-0.200	0.200	0.000	
	Z	2290.983	2291.017	-0.200	0.200	0.034	
SUP23	Pnt. Superfície Em Superfície 723						
	N.D.	0.000	-0.035	-0.200	0.200	-0.035	
	X	12719.001	12719.014	-0.200	0.200	0.013	
	Y	-999.591	-999.591	-0.200	0.200	0.000	
	Z	2295.875	2295.908	-0.200	0.200	0.033	
SUP24	Pnt. Superfície Em Superfície 723						
	N.D.	0.000	-0.031	-0.200	0.200	-0.031	
	X	12699.973	12699.984	-0.200	0.200	0.011	
	Y	-999.447	-999.447	-0.200	0.200	0.000	
	Z	2303.301	2303.330	-0.200	0.200	0.029	
SUP25	Pnt. Superfície Em Superfície 723						
	N.D.	0.000	-0.028	-0.200	0.200	-0.028	
	X	12682.796	12682.806	-0.200	0.200	0.010	
	Y	-999.086	-999.086	-0.200	0.200	0.000	
	Z	2310.004	2310.031	-0.200	0.200	0.026	
SUP26	Pnt. Superfície Em Superfície 767						
	N.D.	0.000	0.038	-0.200	0.200	0.038	
	X	12704.346	12704.346	-0.200	0.200	0.000	
	Y	-999.494	-999.531	-0.200	0.200	-0.038	
	Z	2313.138	2313.147	-0.200	0.200	0.008	
SUP27	Pnt. Superfície Em Superfície 767						
	N.D.	0.000	0.031	-0.200	0.200	0.031	
	X	12704.386	12704.386	-0.200	0.200	0.000	
	Y	-999.783	-999.811	-0.200	0.200	-0.028	
	Z	2312.292	2312.305	-0.200	0.200	0.013	
SUP28	Pnt. Superfície Em Superfície 767						
	N.D.	0.000	0.031	-0.200	0.200	0.031	
	X	12704.457	12704.457	-0.200	0.200	0.000	
	Y	-1000.272	-1000.296	-0.200	0.200	-0.024	
	Z	2311.507	2311.526	-0.200	0.200	0.019	
SUP29	Pnt. Superfície Em Superfície 762						
	N.D.	0.000	0.031	-0.200	0.200	0.031	
	X	12723.559	12723.556	-0.200	0.200	-0.002	
	Y	-999.412	-999.442	-0.200	0.200	-0.031	
	Z	2319.675	2319.675	-0.200	0.200	0.000	
SUP30	Pnt. Superfície Em Superfície 762						
	N.D.	0.000	0.024	-0.200	0.200	0.024	
	X	12725.145	12725.133	-0.200	0.200	-0.011	
	Y	-999.876	-999.897	-0.200	0.200	-0.021	
	Z	2319.583	2319.583	-0.200	0.200	0.000	
SUP31	Pnt. Superfície Em Superfície 762						
	N.D.	0.000	0.016	-0.200	0.200	0.016	
	X	12726.152	12726.140	-0.200	0.200	-0.011	
	Y	-1000.644	-1000.655	-0.200	0.200	-0.011	
	Z	2319.646	2319.646	-0.200	0.200	0.000	

Anexo C: Registos no desenho técnico<sup>47</sup>



<sup>47</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

Anexo D: Instrução de Verificação – Formato inicial<sup>48</sup>



## INSTRUÇÃO DE VERIFICAÇÃO

**Tipo:** Medição

**Objetivo:** Instrução para orientar a verificação final da peça.

**Âmbito:** Aplicável a componentes metálicos produzidos pela CAER.

**Part Number:**

**Designação:**

211010  
QAS 01/01/14

Laborada por: \_\_\_\_\_ NR: \_\_\_\_\_

Aprovada por: \_\_\_\_\_ IR: \_\_\_\_\_

211002  
QAS 02/01/14

Normas Aplicáveis	Documentos Aplicáveis

Modelo 3D	Observações
	<p>1. Medir segundo o desenho indicado, se necessário consultar modelo CAD a partir do mesmo.</p> <p>2. Para peças com cotas fora de tolerância deverá ser seguido o procedimento Controle do Produto Não Conforme.</p>

**Fase 1 - Inspeção Visual**

Inspeccionar visualmente as peças para confirmar que não apresentam defeitos, nem outros danos datáveis utilizáveis.

**Inspeção a 100%**

**Fase 2 - Medição de Cotas Gerais**

Controlar todas as cotas apresentadas a seguir com os respectivos equipamentos.

**Inspeção a 100%**

CMV	Sigla do desenho	Valor Técnico (mm)	Lente Visual (mm)	Lente Superf. (mm)	
PAQ	D-4	20,00	19,40	20,10	AI
PAQ	D-4	9,00	8,50	10,00	AI
PAQ	D-4	9,00	8,50	10,00	AI
PAQ	C-4	18,00	17,00	19,00	
PAQ	C-4	18,00	17,00	19,00	
PAQ	C-4	18,00	17,00	19,00	
PAQ	C-4	54,00	53,00	55,00	
PAQ	C-4	18,00	17,00	19,00	
PAQ	C-4	18,00	17,00	19,00	
PAQ	C-4	18,00	17,00	19,00	
PAQ	C-4	54,00	53,00	55,00	
PAQ	B-4	9,00	8,50	10,00	
ESC	B-4	R8	7,70	8,30	
PAQ	C-3	145,00	145,00	145,00	AI
PAQ	D-3	1,50	1,40	1,60	
PAQ	C-3	8,50	8,30	8,70	AI
ESC	C-3	R8	7,70	8,30	

ESC - Esquadro  
PAQ - Paquímetro

AI e AI - Características a controlar em produção série.

CA037

1/3

<sup>48</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

**INSTRUÇÃO DE VERIFICAÇÃO**

**Tipo** Medição  
**Objetivo** Instrução para orientar a verificação final da peça  
**Âmbito** Aplicável a componentes metálicos produzidos pela CAER

211010  
QAS 09/09/19


Elaborado por MR  
 Aprovado por IR

211002  
QAS 26/07/19

**Part Number**  
**Designação**

Fase 2 - Medição de Características (Continuação)				
Controlar todas as cotas apresentadas a seguir com os respetivos equipamentos. Inspeção a 100%.				
DMM	Seção do desenho	Valor Técnico (mm)	Limite Inferior (mm)	Limite Superior (mm)
PAQ	C-4	2,50	2,40	2,60
PAQ	C-4	2,50	2,40	2,60
PAQ	C-4	2,50	2,40	2,60
PAQ	C-4	2,50	2,40	2,60
PAQ	C-4	2,50	2,40	2,60
PAQ	C-4	2,50	2,40	2,60
PAQ	C-4	2,50	2,40	2,60
PAQ	C-4	2,50	2,40	2,60
PAQ - Paquímetro				
Fase 3 - Medição de Características Extra				
Controlar todas as características apresentadas a seguir com os respetivos equipamentos. Inspeção a 100%.				
DMM	Valor Técnico	Observação		
RUG	Ra 3,2 (µm)	Toda a Peça <sup>(1)</sup>		
VIS	R0,2 a R0,4			
VIS - Visual RUG - Rugosímetro				
(1) Característica controlada simultaneamente em produção série.				

Anexo E: Instrução de Verificação – Formato atual <sup>49</sup>



**CAETANO AERONAUTIC**  
SUAVIDADE SACHONOR CAETANO


## INSTRUÇÃO DE VERIFICAÇÃO

**Tipo:** Medição

**Objetivo:** Instrução para orientar a verificação final da peça.


**Âmbito:** Aplicável a componentes metálicos produzidos pela CAER.

Part Number: \_\_\_\_\_  
Designação: \_\_\_\_\_




Elaborada por: RMC

Aprovada por: MR



Normas Aplicáveis	Documentos Aplicáveis
CAN16056 / CAN11057	Documento Gráfico 95-22403-6201A01

Modelo 3D	Observações
	<p>1. Medir segundo o DG 95-22403-6201A01. Se necessário criar modelo CAD a partir do mesmo.</p> <p>2. Para peças com cotas fora de tolerância deverá ser seguido o procedimento Controle do Produto Não Conforme.</p>

**Fase 1 - Inspeção Visual**

Inspeccionar visualmente as peças para comprovar que não apresentam defeitos nem outros desvios detectáveis visualmente.

Inspeção a 100%.

**Fase 2 - Medição de Cotas Gerais**

DPS, FN / IPA e OP série controlar todas as dimensões em todas as peças.

EMM	Secção do desenho	Tipo de Cota	Valor do Lado mais Curto (mm)	Valor Teórico (mm)	Limite inferior (mm)	Limite Superior (mm)
PAQ	E-6	Longitudinal	-	126,0	125,5	126,5
PAQ	E-5	Longitudinal	-	40,0	39,7	40,3
PAQ	C-6	Espessura de Paredes, Furos e Almas	-	1,2	1,1	1,3
PAQ	B-6	Espessura de Paredes, Furos e Almas	-	0,4	0,3	0,5

PAQ - Paquímetro

CA037

1/2

<sup>49</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.

## INSTRUÇÃO DE VERIFICAÇÃO

Tipo: Medição  
 Objetivo: Instrução para orientar a verificação final da peça.  
 Âmbito: Aplicável a componentes metálicos produzidos pela CAER.

Z11024  
 QAS 12/05/14  
 Elaborado por: BMG  
 Aprovado por: AM

Part Number  
 Designação

Z11010  
 QAS 12/09/14

Fase 3 - Medição de Características Extra		
Controlar todas as características apresentadas a seguir com os respetivos equipamentos, Inspeção a 100%.		
EMM	Valor Técnico	Observações
RUG	Ra 3.2 (µm)	Toda a Peça <sup>(1)</sup>
VS	Round off edges	
RUG - Raucómetro VS - Visual		

(1) Característica controlada visualmente em produção série.

Anexo F: Lista QAS<sup>50</sup>

Data de Entrega	Part Number	OP	Nº PEÇAS	FAI/SÉRIE	Nº PEÇAS SU <sup>CD</sup>	IV	Programa	Estado	Medição Mant <sup>nd</sup>	Medição CM <sup>nd</sup>	Observações
23-04-2014		OP_0279	1	FAI				AGUARDA INSPEÇÃO			
23-04-2014		OP_0280	4	SÉRIE				AGUARDA INSPEÇÃO			
23-04-2014		OP_0281	1	FAI				EM CURSO	X		
23-04-2014		OP_0282	4	SÉRIE				EM CURSO	X	-	
12-04-2014		OP_0291	1	FAI				AGUARDA INSPEÇÃO			
13-04-2014		OP_0292	4	SÉRIE				EM CURSO	X	-	
02-06-2014		OP_7100000237	20	SÉRIE				AGUARDA INSPEÇÃO			
23-05-2014		OP_7100000238	20	SÉRIE				EM CURSO	X	-	
23-05-2014		OP_7100000239	20	SÉRIE				EM CURSO	X	-	
23-05-2014		OP_7100000258	2	FAI				EM CURSO	X	-	
23-05-2014		OP_7100000259	2	SÉRIE				EM CURSO	X	-	
23-05-2014		OP_7100000260	2	SÉRIE				EM CURSO	X	-	
23-05-2014		OP_7100000261	2	SÉRIE				EM CURSO	X	-	
30-04-2014		OP_7100000350	1	FAI				AGUARDA INSPEÇÃO			
30-04-2014		OP_7100000350	1	FAI				AGUARDA INSPEÇÃO			
07-05-2014		OP_7100000351	1	SÉRIE				AGUARDA INSPEÇÃO			
08-05-2014		OP_7100000351	1	SÉRIE				AGUARDA INSPEÇÃO			
22-05-2014		OP_7100000352	1	SÉRIE				AGUARDA INSPEÇÃO			
22-05-2014		OP_7100000352	1	SÉRIE				AGUARDA INSPEÇÃO			
22-05-2014		OP_7100000353	1	SÉRIE				AGUARDA INSPEÇÃO			
22-05-2014		OP_7100000353	1	SÉRIE				AGUARDA INSPEÇÃO			
22-05-2014		OP_7100000354	1	SÉRIE				AGUARDA INSPEÇÃO			
22-05-2014		OP_7100000354	1	SÉRIE				AGUARDA INSPEÇÃO			
22-05-2014		OP_7100000355	8	SÉRIE				AGUARDA INSPEÇÃO			
22-05-2014		OP_7100000355	7	SÉRIE	1			AGUARDA INSPEÇÃO			
07-05-2014		OP_7100000408	8	SÉRIE				EM CURSO	X	-	
02-06-2014		OP_7100000427	19	SÉRIE	1			AGUARDA INSPEÇÃO			
26-05-2014		OP_7100000454	16	SÉRIE				AGUARDA INSPEÇÃO			
11-06-2014		OP_7100000462	16	SÉRIE				AGUARDA INSPEÇÃO			
05-05-2014		OP_7100000467	2	FAI				AGUARDA INSPEÇÃO			
22-04-2014		OP_7100000468	1	FAI				AGUARDA INSPEÇÃO			
08-05-2014		OP_7100000469	1	SÉRIE				AGUARDA INSPEÇÃO			
05-05-2014		OP_7100000470	1	SÉRIE				AGUARDA INSPEÇÃO			

<sup>50</sup> Por razões de confidencialidade, o acesso a estes dados não é explicitado.