



A Metrologia na Indústria Aeronáutica

PEDRO FLÁVIO DA SILVA SANTOS

Novembro de 2015



isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto



CAETANO AERONAUTIC
GRUPO SALVADOR CAETANO

A METROLOGIA NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA

Pedro Flávio da Silva Santos

Licenciado em Engenharia de Instrumentação e Metrologia
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Dissertação submetida para satisfação dos requisitos de grau de Mestre em Engenharia de Instrumentação e
Metrologia

Dissertação realizada sob orientação da Professora Doutora Maria Cristina de Castro Ribeiro, do Departamento de
Física do Instituto Superior de Engenharia do Porto e do Engenheiro Jorge Rodrigues, Diretor da Qualidade da
Caetano Aeronautic, Grupo Salvador Caetano

Porto, 14 de novembro de 2015

*“... Não se aprende, Senhor, na fantasia,
Sonhando, imaginando ou estudando,
Senão vendo, tratando e pelejando.”*

Luís de Camões

RESUMO

O presente relatório é um dos elementos que contribuirão para a concretização da avaliação individual da Unidade Curricular de Dissertação/Projeto/Estágio Profissional, inserida no plano de estudos do Mestrado em Engenharia de Instrumentação e Metrologia e traduz o trabalho realizado na empresa Caetano Aeronautic.

O estágio, com a duração de sete meses, permitiu a concretização de finalidades e objetivos que deram suporte ao desenvolvimento das aprendizagens e mobilização dos saberes científicos relativos a domínios e conteúdos curriculares, nomeadamente inseridos nas áreas da Metrologia e Qualidade.

A Metrologia é circunscrita como a ciência da medição. A medição é uma operação de extrema relevância em diversas atividades, porque é através da Metrologia que se garante um elevado nível de qualidade pretendido para a conceção, fabricação e utilização de serviços ou produtos.

Face à indústria aeronáutica envolver um elevado conjunto de processos, de normas e documentação, foi necessário inicialmente um envolvimento integrado com o Sistema de Gestão da Qualidade da Caetano Aeronautic e com as operações inerentes, nomeadamente de melhoria contínua. Foram desenvolvidas, dentro do possível, propostas de melhoria no processo de inspeção dos componentes aeronáuticos. Dentro das mesmas destacam-se a alteração dos registos de medição, o estudo e posterior proposta de aquisição de ferramentas adicionais para equipamentos de medição. O fluxo de medição tornou-se mais fluído através da concretização da proposta de alteração do *layout* do laboratório. De salientar o trabalho desenvolvido na área da Engenharia da Qualidade, nomeadamente no tratamento de não conformidades, o que contribuiu para que o processo se encontre atualmente bastante simplificado na empresa.

Palavras – Chave

Indústria Aeronáutica, Laboratório, Medição, Melhoria, Metrologia, Qualidade.

ABSTRACT

This report is one of the elements that contribute to the achievement of individual assessment of the course of Dissertation / Project / Traineeship, inserted into the Master's curriculum in Instrumentation and Metrology Engineering and expresses the activities developed in Caetano Aeronautic company.

The traineeship, with a duration of seven months, allowed for the achievement of goals and objectives that supported the development of learning and mobilization of scientific knowledge relating to domains and curricula, particularly inserted in the fields of Metrology and Quality.

The Metrology is the science of measurement. The measurement is an extremely important operation in various activities, because it is through Metrology that we ensure a high level of quality required for the design, manufacture and use of services or products.

Since the aviation industry involves a high set of processes, standards and documentation, it was initially required an integrated engagement with the Quality Management System of Caetano Aeronautic and with the inherent operations, including continuous improvement. Suggestions for improvements in the inspection process of aeronautical components were made, particularly concerning the change of measurement records, study and later proposed acquisition of additional tools for measuring equipment. The flow measurement in the Metrology Laboratory has become more fluid by changing the layout of the laboratory, according to the proposal that was made. It should be also highlighted the work performed in the area of Quality Engineering, particularly in the treatment of non-conformities, which significantly contributed to the simplification and effectiveness of the proceedings.

Key Words

Aeronautic Industry, Continuous Improvement, Laboratory, Measurement, Metrology, Quality.

AGRADECIMENTOS

É com especial reconhecimento que gostaria de expressar a minha gratidão às pessoas e instituições que contribuíram para o bom desenrolar deste trabalho de estágio:

À Professora Doutora Cristina Ribeiro, supervisora científica, porque aceitou orientar este trabalho e pelas críticas construtivas, as quais me transmitiram contributos importantes.

À Caetano Aeronautic S.A, nomeadamente ao Engenheiro Jorge Rodrigues, orientador institucional, pela oportunidade concedida e apoio.

Aos colaboradores da Caetano Aeronautic pela transmissão de experiências, em especial à equipa do Laboratório de Metrologia, pela atenção, disponibilidade partilha de informação e conhecimentos.

A todos aqueles que foram meus docentes porque me ajudaram a determinar aquilo que quero ser e aquilo que não quero ser, enquanto profissional de Engenharia.

À Natália, pela sua compreensão, paciência e afeto.

Aos meus pais, pelo exemplo de esforço e sacrifício.

Aos meus colegas e amigos, por ainda o serem.

Os meus agradecimentos sinceros.

RESERVA DE INFORMAÇÃO

Por motivos de confidencialidade, algumas informações não se encontram referenciadas no presente relatório.

ÍNDICE GERAL

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS DO ESTÁGIO.....	2
1.2 ÂMBITO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTÁGIO	3
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	10
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA METROLOGIA	12
2.2 CONCEITOS ASSOCIADOS À METROLOGIA	16
2.3 SISTEMA PORTUGUÊS DA QUALIDADE	19
2.4 SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE - CAETANO AERONAUTIC.....	25
CAPÍTULO 3 – LAYOUT DO LABORATÓRIO DE METROLOGIA	33
3.1 ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO DO LABORATÓRIO DE METROLOGIA - LAYOUT.....	34
3.1.1 AVALIAÇÃO DO LAYOUT DO LABORATÓRIO DE METROLOGIA	35
3.1.2 AÇÕES DE MELHORIA DO LAYOUT DO LABORATÓRIO DE METROLOGIA.....	37
Capítulo 4 – INSPEÇÃO E METROLOGIA NA CAETANO AERONAUTIC	43
4.1 INSPEÇÃO AERONÁUTICA	44
4.1.1 INSPEÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA	45
4.1.2 INSPEÇÃO NA MAQUINAÇÃO DOS COMPONENTES AERONÁUTICOS	46
4.1.2.1 ORDEM DE PRODUÇÃO	49
4.1.2.2 DESENHO TÉCNICO.....	56
4.1.2.3 INSTRUÇÃO DE VERIFICAÇÃO	61
4.1.3 INSPEÇÃO FINAL	63
4.2 GESTÃO DE EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO	67
4.3 A MEDIÇÃO DOS COMPONENTES METÁLICOS	76
4.3.1 ERROS NAS MEDIÇÕES	90
4.4 TRATAMENTO DAS NÃO CONFORMIDADES.....	93
Capítulo 5 – AVALIAÇÃO DO TRABALHO REALIZADO	103
5.1 CONCLUSÕES	104
5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	107
REFERÊNCIAS	109
ANEXOS	111
ANEXO 1 – EFEITO DE ZANZIBAR	113
ANEXO 2 – INSTRUÇÃO DE TRABALHO	115
ANEXO 3 – INSTRUÇÃO DE VERIFICAÇÃO	119
ANEXO 4 – RELATÓRIO FAI – MMC	127
ANEXO 5 – DOCUMENTOS ASSOCIADOS ÀS NÃO CONFORMIDADES.....	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Estimativa da comercialização de novos aviões segundo a Boeing.....	5
Figura 2 – Estimativa da comercialização de novos aviões segundo a Airbus.	5
Figura 3 – Maquetes representativas do futuro <i>layout</i> da CAER.....	7
Figura 4 – Organigrama geral da Caetano Aeronautic.....	8
Figura 5 – Exemplo de unidades de medida primitivas.	12
Figura 6 – Padrão do Còvado da Igreja da Misericórdia do Sabugal, Séc. XIV (Museu do IPQ).	13
Figura 7 – Esquema da barra de platina com exatidão de 0,1 μm	15
Figura 8 – Pirâmide metrológica, ligando as medições ao SI.	17
Figura 9 – A confirmação metrológica e toda a sua envolvente.	19
Figura 10 – As três categorias da Metrologia.....	22
Figura 11 – Padrões de Trabalho, laboratório de Metrologia, CAER.	24
Figura 12 – Evolução do Conceito de Qualidade.	25
Figura 13 – Modelo de um sistema de gestão de qualidade baseado em processos.....	27
Figura 14 – Diagrama exemplar da estrutura documental do SGQ da CAER.	28
Figura 15 – Modelo de Organização de Processos, CAER.	30
Figura 16 – Layout do laboratório de Metrologia, CAER.....	36
Figura 17 – Layout atual do laboratório de Metrologia, CAER.....	38
Figura 18 – Layout atual em 3D do Laboratório de Metrologia, CAER.....	40
Figura 19 – Fotografia da vista lateral esquerda do Laboratório de Metrologia, CAER.	40
Figura 20 – Fotografia da vista lateral direita do Laboratório de Metrologia, CAER. ..	41
Figura 21 – Representação do fluxo de produção.	44
Figura 22 – Exemplo da primeira página do documento Ordem de Produção.....	50
Figura 23 – Exemplo da segunda página, do documento de ordem de produção.	52
Figura 24 – Operação CMM001, para a verificação dimensional interna.....	53
Figura 25 – Representação ortográfica com cotagem nominal de uma peça.	57
Figura 26 – Exemplo de um desenho de um componente aeronáutico.	58
Figura 27 – Campos presentes, na Zona de Identificação do desenho de um componente aeronáutico.....	59
Figura 28 – Representação da Inspeção Final.	63
Figura 29 – Peça antes e depois dos tratamentos no subcontratado.	64
Figura 30 – Zonas a ter em atenção em peças, na Inspeção Final.	66

Figura 31 – Pintura e verificação da marcação na Inspeção Final.	66
Figura 32 – Peças ordenadas na bancada de trabalho para realização da Inspeção Final.	67
Figura 33 – Etiquetas com as diferentes cores; (a) – Equipamento Calibrado; (b) – Equipamento Aceite sob Concessão; (c) – Equipamento Fora de Serviço.....	75
Figura 34 – Validação do diâmetro e posicionamento de furos na máquina ferramenta CNC.....	76
Figura 35 – Paquímetros digitais no Laboratório de Metrologia da CAER; (a) – Paquímetro de profundidades de 150 mm; (b) – Paquímetro de 300 mm; (c) – Paquímetro de 150 mm.	77
Figura 36 – Diferentes tipos de Medição; (a), (b) – Medição Exteriores; (c), (d) – Medição Interiores; (e), (f) – Medição de Profundidades.	78
Figura 37 – Exemplo de medição com o micrómetro, (a) – Interiores; (b) – Exteriores.	79
Figura 38 – Pontas Esféricas do Graminho.	80
Figura 39 – Procedimento para ajuste do diâmetro das pontas esféricas do graminho. .	81
Figura 40 – Medição do componente aeronáutico de titânio no graminho.	81
Figura 41 – Desenho com as principais cotas do componente aeronáutico de titânio. ..	82
Figura 42 – Exemplo de medição de espessuras com as pontas adquiridas.....	83
Figura 43 – Exemplo de medição de um ângulo, com recurso ao Goniómetro.	84
Figura 44 – Exemplo de medição com recurso aos escantilhões de folgas e de raios. ..	85
Figura 45 – Parâmetros de Rugosidade.	86
Figura 46 – Representação do parâmetro Ra.....	86
Figura 47 – Exemplo de medição da rugosidade.....	87
Figura 48 – Impressão dos Parâmetros de Rugosidade.	87
Figura 49 – Exemplo do ambiente de trabalho no <i>software Metrolog XG</i>	88
Figura 50 – Representação dos seis pontos necessários para criar um sistema de coordenadas	89
Figura 51 – Medição de uma peça em titânio com recurso à MMC.	90
Figura 52 – Razões que levam às incertezas associadas à medição; (a) – Condições atmosféricas; (b) – Instrumentos de medição; (c) Operador.	91
Figura 53 – Resultados da calibração de um paquímetro.....	92
Figura 54 – Etiquetas CA211 (<i>Produto Suspeito</i>) e CA208 (<i>Produto Não Conforme</i>). .	97
Figura 55 – Detalhe do impresso CA084, Tratamento de Produto Suspeito.	97
Figura 56 – Caixa amarela referente a Produto Suspeito.	98
Figura 57 – Zona de não conformidades no interior do laboratório.....	99
Figura 58 – Quadro com informações estatísticas.....	102

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Alterações da versão 01 face à 02.....	62
Tabela 2 – Metodologia para a aquisição de um EMM.....	71
Tabela 3 – Ficha de Identificação do EMM0174, CAER.....	72
Tabela 4 – Metodologia para a monitorização de um EMM.....	73
Tabela 5 – Plano de calibração para os EMM da CAER.	74
Tabela 6 – Metodologia para o Tratamento de NC na receção da MP e de Produtos/Serviços Subcontratados.	95
Tabela 7 – Metodologia para a Detecção de Produto Não Conforme.....	96

ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS E SIGLAS

BIPM	–	<i>Bureau International des Poids et Mesures</i>
CAER	–	Caetano Aeronautic
CGPM	–	Conferência Geral de Pesos e Medidas
CIPM	–	Comité Internacional de Pesos e Medidas
COC	–	<i>Certificate of Conformity</i>
DG	–	Documento Gráfico
EMM	–	Equipamentos de Monitorização e Medição
FAI	–	<i>First Article Inspection</i>
GSC	–	Grupo Salvador Caetano
IF	–	Instrução de Fabricação
IPQ	–	Instituto Português da Qualidade
ISEP	–	Instituto Superior de Engenharia do Porto
ISSO	–	<i>International Standards Organization</i>
IT	–	Instrução de Trabalho
IV	–	Instrução de Verificação
LCM	–	Laboratório Central de Metrologia
LP	–	Lista de Partes
MEIM	–	Mestrado em Engenharia de Instrumentação e Metrologia
NC	–	Não Conformidade
NPL	–	<i>National Physical Laboratory</i>
OGMA	–	Indústria Aeronáutica de Portugal S.A.
OP	–	Ordem de Produção
PN	–	<i>Part Number</i>
QAS	–	Qualidade, Ambiente e Segurança
RNC	–	Relatório de Não Conformidade
SGIP	–	<i>Société Genevoise d'Instruments de Physique</i>
SGQ	–	Sistema de Gestão da Qualidade
SI	–	Sistema Internacional de Unidades
SPQ	–	Sistema Português da Qualidade
VIM	–	Vocabulário Internacional de Metrologia

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS DO ESTÁGIO

Diante dos graduais requisitos nos padrões de qualidade e competitividade no mercado, cada vez mais as organizações buscam métodos de melhoria contínua para o incremento de sua produtividade, eficiência e eficácia nos resultados. A indústria aeronáutica é uma das que se identificam com estes requisitos, já que o nível da condescendência de erros e de entrega de produtos não conformes deve ser praticamente nulo, em função da necessidade de extremo rigor dos padrões de segurança e confiabilidade.

Contudo, podem surgir anomalias nos produtos comercializados, nomeadamente na forma de atrasos na entrega, falhas em serviços, erros em faturas, produtos sucitados ou com a necessidade de serem retrabalhados. Cada um destes casos apresentados é o resultado de alguma falha num produto ou processo e acabam por causar transtornos aos clientes, podendo depreciar a qualidade do produto final.

Desta forma, fez parte dos objetivos do estágio curricular desenvolvido, abordar-se a problemática dos produtos e processos na Caetano Aeronautic, procurando-se que o trabalho de campo realizado contribuísse de forma determinante para a garantia da qualidade do produto final. Foi também posta em prática a realização de melhorias na ergonomia no Laboratório de Metrologia, tendo sempre em foco aumentar a eficiência na inspeção dos componentes aeronáuticos.

O estágio curricular decorreu de 1 de setembro de 2014 a 31 de março de 2015 (duração de 7 meses) e teve como tema os “Princípios da Qualidade na Indústria Aeronáutica e na Inspeção de Componentes Aeronáuticos”.

Inicialmente foram delineados os objetivos, contudo, os mesmos foram reajustados ao longo da duração do estágio e consistiram em:

1. Estudo do Sistema de Gestão da Qualidade da Caetano Aeronautic;
2. Análise de documentação associada ao Processo Produtivo;
3. Análise de documentação associada à Inspeção Aeronáutica;
4. Estudo de várias normas específicas e fundamentais à Inspeção Aeronáutica;
5. Análise do processo de Gestão e Calibração dos Equipamentos de Medição da Caetano Aeronautic;
6. Realização de Instruções de Verificação e Verificações Dimensionais em diferentes Componentes Aeronáuticos;
7. Realização do *Layout* do Laboratório;

8. Gestão e Tratamento das Não conformidades;
9. Familiarização com as Máquinas de Medição por Coordenadas (MMC);
10. Inspeção Final de Componentes Aeronáuticos;
11. Propostas de Melhoria ao Processo de Inspeção.

No primeiro mês de estágio cumpriu-se com os primeiros quatro objetivos definidos anteriormente, tendo-se como suporte o Manual da Qualidade da organização, as normas administradas, os procedimentos aplicados, os equipamentos de medição existentes no laboratório e os registos de medição.

Nos dois meses seguintes, outubro e novembro, efetuou-se uma análise à gestão e calibração dos Equipamentos de Medição, procurando-se analisar a necessidade de aquisição de alguns equipamentos de medição. Posteriormente, procedeu-se à inspeção dimensional em diversos componentes aeronáuticos. Com a chegada de uma nova Máquina de Medição por Coordenadas (MMC), elaborou-se um novo *layout* do Laboratório de Metrologia, encontrando-se o mesmo atualmente implementado.

Nos meses de dezembro de 2014 a março de 2015 realizou-se a Gestão e Tratamento das Não Conformidades. Durante este intervalo de tempo, foram realizadas as seguintes tarefas: organização de várias ações de sensibilização juntos dos operadores das máquinas; preparação de uma apresentação semanal para a divulgação das não conformidades; melhoramento de toda a gestão e tratamento das não conformidades.

Nos meses de março efetuaram-se novamente medições dimensionais a diversos componentes aeronáuticos e obteve-se uma familiarização com as MMC, de forma a proceder-se, sempre que necessário, à medição dos mesmos com esta máquina. Dentro deste período, uma nova responsabilidade foi delegada, nomeadamente a Inspeção Final dos componentes aeronáuticos. Esta operação é efetuada precedentemente ao envio dos mesmos para o Cliente. Foram colocadas em campo mais alguma propostas de melhoria, quer a nível de procedimentos de medição, quer a nível de Inspeção Final.

1.2 ÂMBITO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTÁGIO

Voar sempre foi um anseio humano e a capital de Portugal foi palco de uma das primeiras tentativas. A primeira aeronave conhecida no mundo a efetuar um voo foi batizada de “Passarola”, no ano de 1709, tendo antecedido em 74 anos o famoso balão

dos *Montgolfier*. A “Passarola” era um aeróstato que foi inventado por Bartolomeu de Gusmão, padre e cientista português nascido na então colónia portuguesa do Brasil.

Dois séculos depois, foram os oficiais Gago Coutinho e Sacadura Cabral que em 1922 realizaram a primeira travessia aérea do Atlântico Sul, entre Portugal e o Brasil. Sacadura Cabral exercia as funções de piloto, tendo o oficial Gago Coutinho as de navegador [1].

Porém, quatro anos antes a essa travessia, em 1918, já tinha sido criada em Portugal a OGMA – Indústria Aeronáutica de Portugal S.A., uma empresa de atividade aeronáutica, situada em Alverca, inicialmente designada de Oficinas Gerais de Material Aeronáutico, que tem como principal atividade a fabricação e manutenção de aeronaves. O seu capital atual é detido em 35% pelo Governo Português, sendo os restantes 65% detidos pela Embraer (empresa brasileira de aviões). A OGMA era, inicialmente, a única organização em Portugal com a capacidade de produzir componentes para a indústria aeronáutica. Porém face às previsões de crescimento neste sector, surgiu a assinatura de um protocolo entre o Grupo Salvador Caetano com a Airbus Military, em julho de 2012, na presença do Governo Português, para reforçar a Indústria Aeronáutica Portuguesa, nomeadamente como cadeia de fornecimento.

Segundo as estatísticas publicadas no endereço online da *ASD – Aerospace and Defence Industries Association of Europe*, no documento *Facts and Figures 2013* [2] a indústria aeroespacial em atividades militares (sectores aeronáutico, defesa [terra & mar] e espaço) cresceu cerca de 2,5% em relação ao ano de 2012, totalizando um total de investimento de 98,4 biliões de euros. Relativamente às atividades civis investiram-se cerca de 98,9 biliões de euros.

Este crescimento é fundamentado também na estimativa de crescimento no sector aeronáutico para as próximas duas décadas, pelas duas maiores companhias aéreas mundiais: Boeing e Airbus [3].

Nas Figura 1 e na Figura 2 menciona-se as principais estimativas do sector aeronáutico segundo estas duas mesmas companhias.

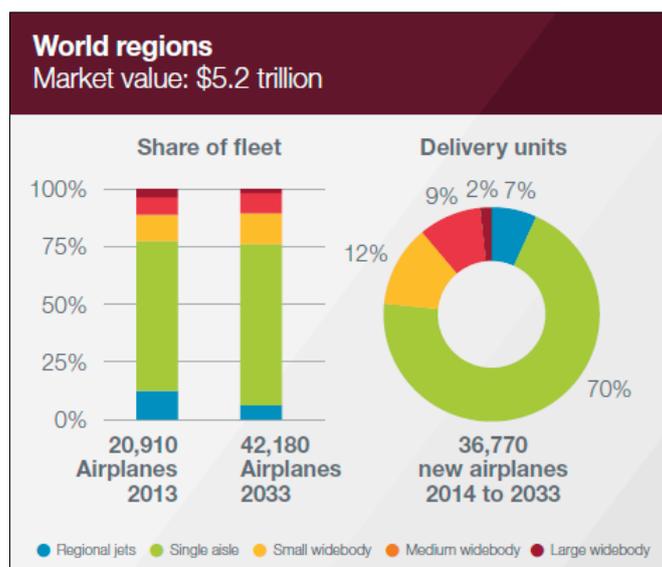


Figura 1 – Estimativa da comercialização de novos aviões segundo a Boeing.
Retirado de [4].

A Boeing estima, entre os anos de 2014 a 2033, a entrega de mais de 36 770 aviões, sendo que a Airbus prevê uma diferença de 5 412, ficando-se pelos 31 358 aviões.

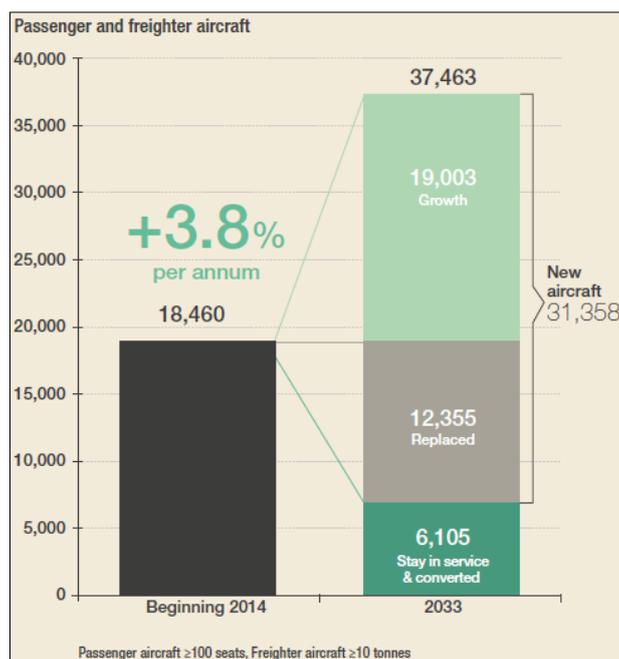


Figura 2 – Estimativa da comercialização de novos aviões segundo a Airbus.
Retirado de [5].

Segundo a Boeing, o mercado situado na região da Ásia/Pacífico terá uma percentagem de 37% do número total de entregas (13 460 aviões), ficando a Europa com um total de 20% (7 450 aviões). Segundo os dados esperados pela companhia aérea Airbus, a região da Ásia/Pacífico terá uma percentagem de 39% do seu número total de

entregas estimado (12 253), tendo o continente Europeu a mesma percentagem atribuída, sendo de 6 167 o número de aviões comercializados.

Através destas apreciações e face à conjuntura portuguesa neste sector, o Grupo Salvador Caetano iniciou a produção de componentes aeronáuticos.

O Grupo Salvador Caetano (GSC) nasceu em 1946, através de uma pequena empresa familiar, de carroçarias para autocarros, a Martins & Caetano & Irmão, Lda, criada pelo fundador do Grupo, Salvador Fernandes Caetano. Esta pequena empresa seria o embrião de Toyota Caetano Portugal, SA. O primeiro contrato de exportação de autocarros data de 1967 para Inglaterra e hoje está presente em diversos países, para além de Portugal, como Espanha, Reino Unido, Alemanha, China, Cabo Verde e Angola [6].

O Grupo Salvador Caetano, empresa mãe, controla todo o Grupo, define estratégias e realiza a coordenação de todas as atividades de negócio. São quatro as grandes unidades de negócio onde o Grupo atua, nomeadamente:

1. Toyota Caetano Portugal, que agrega o negócio da indústria e a representação automóvel (importação e retalho) da marca Toyota;
2. Salvador Caetano Indústria, que agrega o negócio industrial, o fabrico de autocarros e o conseqüente negócio de vendas e subsidiárias Internacionais;
3. Salvador Caetano Auto, que agrega o negócio de retalho automóvel multimarca para o mercado ibérico;
4. Salvador Caetano Capital, que constitui o negócio na área das energias renováveis e outras áreas de investimento.

No que diz respeito à área industrial o grupo detém três empresas [7]:

1. Caetano Bus, SA, para a produção de autocarros (COBUS e CAETANO) para todo o mundo e MERCEDEZ-BENZ em exclusivo para a EvoBus;
2. Caetano Components, SA, cuja área de atuação é na produção de componentes para indústria automóvel e componentes metálicos para outras indústrias;
3. Caetano Aeronautic SA, sendo esta a área mais recente e inserida na área da produção de componentes metálicos e compósitos para o setor aeronáutico.

O GSC, apesar do longo caminho que percorreu desde 1946 até aos dias de hoje, continua determinado em crescer, seguindo de perto o lema do seu Fundador, o Sr. Salvador Caetano “*Sempre presente na construção do futuro*”, está de olhos postos neste

novo século, determinado a afirmar-se no contexto da exigente União Europeia e da globalização do mercado mundial [7].

Devido a essa determinação de crescimento e afirmação, o Grupo estabeleceu-se no setor aeronáutico, com a empresa Caetano Aeronautic SA, na cidade de Vila Nova de Gaia, Portugal. O protocolo com a Airbus, em concreto a Airbus Military tinha como objetivo a produção de diversos componentes aeronáuticos metálicos e compósitos, como fornecedor *TIER-2* (fornecedor de nível 2).

As infraestruturas da Caetano Aeronautic (CAER) cobrem uma área de 6000 m², dos quais 5500 m² correspondem a áreas industriais. As mesmas situam-se em instalações já existentes do Grupo Salvador Caetano. A área industrial, correspondente à área de Metálicos, cobre uma área com cerca de 1000 m². A segunda zona, denominada de área de compósitos, com cerca de 4500 m², é destinada ao fabrico de componentes compósitos [8]. As maquetes, representativas do futuro *layout* da CAER são apresentadas na Figura 3.

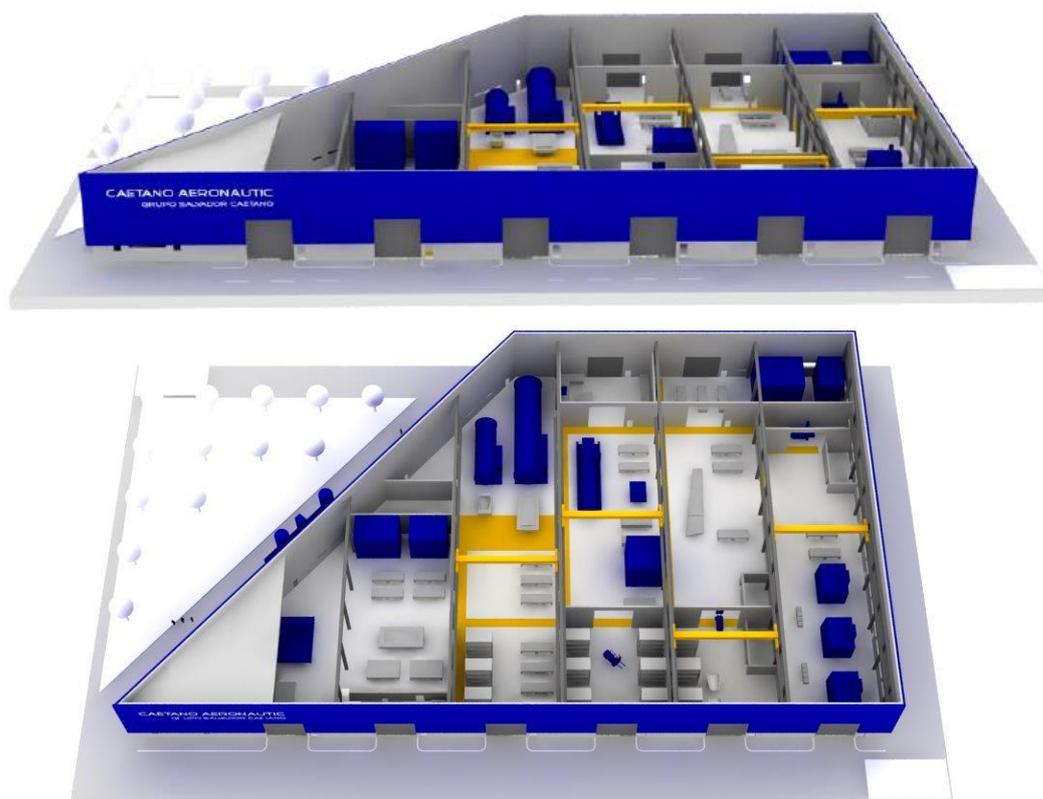


Figura 3 – Maquetes representativas do futuro *layout* da CAER.
Retirado de [8].

A Figura 4 representa o atual organigrama da estrutura interna da CAER, composta por dois níveis principais: Diretor Geral e Direções. O Diretor Geral corresponde à Gestão de Topo, enquanto as restantes direções integram a Equipa de Gestão.

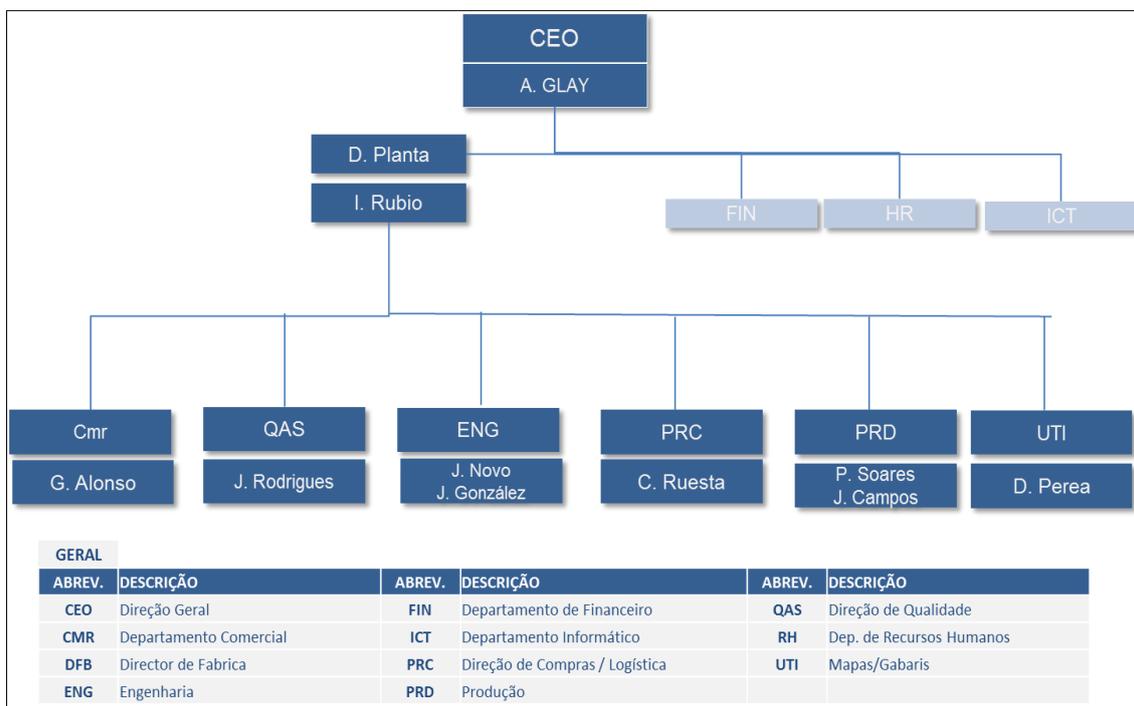


Figura 4 – Organigrama geral da Caetano Aeronautic.
Retirado de [8].

Dada a dimensão do GSC, este adotou uma estratégia de gestão global de alguns recursos que ao mesmo tempo lhe permite uma otimização dos mesmos, resultando daqui o conceito de serviços partilhados. Assim, a CAER é suportada no âmbito dos departamentos Financeiro, Informático e Recursos Humanos no segundo nível do organigrama, e por outros departamentos inferiores (terceiro nível).

Encontram-se, portanto, nesse terceiro nível, as seis Direções que integram a CAER nomeadamente, o Departamento Comercial (CMR), a Direção de Qualidade (QAS), a Direção de Engenharia (ENG), a Direção de Compras/Logística (PRC), a Direção de Produção (PRD) e a de Mapas/Gabaris (UTI).

A Caetano Aeronautic tem a seguinte missão [8]: “Oferecer aos nossos clientes produtos de qualidade e dentro dos prazos, satisfazendo as suas necessidades de forma competitiva”, tendo uma visão de: “Ser uma empresa de referência internacional especializada na fabricação de componentes metálicos e compósitos e na montagem de aeroestruturas”.

A inspeção aeronáutica encontra-se sob a alçada do departamento da Qualidade, Ambiente e Segurança (QAS), nomeadamente da equipa de Metrologia. Contudo, muitos processos desenvolvidos nesta área relacionam-se 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. Atualmente, a Caetano Aeronautic encontra-se com cerca de 64 colaboradores prevendo, segundo o Diretor Executivo, Aurélian Glay, chegar perto dos 200 colaboradores no ano de 2018 [9].

A equipa que integra a Direção da Qualidade é constituída por 10 elementos, incluindo o responsável pela Direção da Qualidade: 4 colaboradores encontram-se responsáveis pela inspeção no laboratório de Metrologia, 2 responsáveis pela Engenharia de Qualidade, 1 elemento pela Higiene e Segurança no Trabalho e 1 pelo SGQ.

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 utilizadas 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 já iniciou a produção de componentes aeronáuticos. São 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).

Com o objetivo de assegurar o crescimento da Caetano Aeronautic., em agosto de 2014, foi estabelecido um acordo entre o GSC e a empresa Aciturri. O investimento da Aciturri em 50% da CAER possibilitará a geração de sinergias de mercado e o desenvolvimento de novas oportunidades de negócio. A Aciturri visa proporcionar o seu conhecimento e experiência em desenvolvimento, produção e montagem de conjuntos aeronáuticos, potenciando assim, o crescimento da CAER como fornecedor de componentes. Esta aliança permite otimizar a capacidade de resposta, de ambas as

empresas, em vários pacotes de trabalho, reforçando simultaneamente, a sua relação com a Airbus e Embraer.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este relatório é constituído por 5 capítulos, organizados da seguinte forma:

Capítulo 1 – Introdução

No capítulo 1, Introdução, definem-se os objetivos, o Âmbito e a Contextualização para o desenvolvimento deste Estágio. Apresenta-se ainda a Organização do presente Relatório.

Capítulo 2 – Fundamentação Teórica

No capítulo 2, Fundamentação Teórica, aborda-se a História da Metrologia, os conceitos associados e a importância do Sistema Português da Qualidade. É efetuada uma descrição do Sistema de Gestão da Qualidade da Caetano Aeronautic.

Capítulo 3 – Layout do Laboratório de Metrologia da Caetano Aeronautic

Neste capítulo é realizado uma avaliação do laboratório de Metrologia, onde são apresentadas melhorias ao fluxo de medição, com demonstração das diferentes fases da implementação do *Layout*, o antes e o depois.

Capítulo 4 – Inspeção e Metrologia na Caetano Aeronautic

O capítulo 4 descreve as fases da Inspeção Aeronáutica realizada pela equipa de Metrologia nomeadamente Matéria-prima, Verificação Dimensional e Inspeção final e a documentação associada a cada uma. É abordada ainda a Gestão dos Equipamentos de Medição, mostrando-se exemplos de Melhoria implementados, assim como exemplos de Medição e os principais erros associados às medições.

Aborda-se ainda o Tratamento das Não Conformidades, atividade que se teve a oportunidade de melhorar e acompanhar durante 3 dos 7 meses de estágio.

Capítulo 5 – Avaliação do Trabalho Realizado

Neste capítulo encontram-se as principais conclusões do trabalho realizado e a perspetiva dos futuros desenvolvimentos deste trabalho.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA METROLOGIA

A medição é uma operação muito antiga, utilizada para uso pessoal e, principalmente, nas trocas comerciais. O homem teve necessidade de inventar e recorrer a unidades de medida para medir as mercadorias e realizar trocas comerciais [10].

São muito antigos os vestígios de utilização de técnicas de medição e de manutenção de padrões de referência. Não era de qualquer modo possível fazer os grandes monumentos egípcios, maias ou aztecas sem métodos de medição cuidados e sem padrões de referência [11].

As unidades de medida primitivas eram baseadas em partes do corpo humano, consideradas referências universais, porque podiam ser verificadas por qualquer pessoa. Foi desta forma que surgiram as medidas-padrão como a polegada, o palmo, o pé, a jarda, a braça, o passo, o cúbito e o côvado, para além de muitas outras (Figura 5).

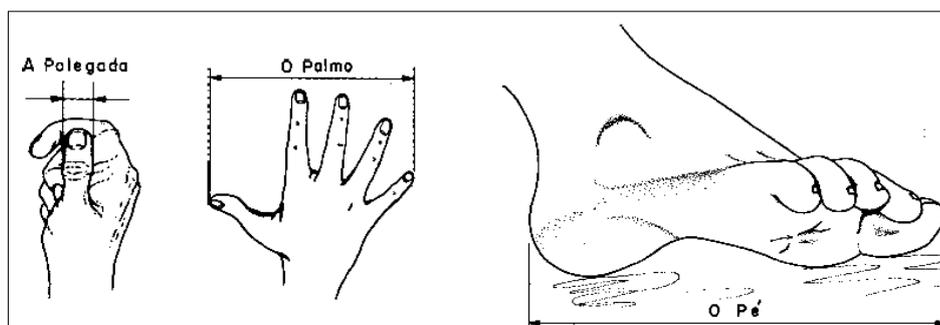


Figura 5 – Exemplo de unidades de medida primitivas.

A Jarda, que tem origem na palavra inglesa *yard*, significa vara. Esta medida foi criada pelos alfaiates ingleses. Mais tarde, no século XII, esta unidade padrão foi oficializada em Inglaterra pelo rei Henrique I e definida como a distância da ponta do nariz do rei ao seu polegar, com o braço esticado. O côvado era uma medida-padrão da região de onde seria oriundo Noé e que correspondia a 3 palmos [10].

Os padrões eram baseados então, em dimensões dos chefes, quer se tratasse do chefe da tribo, do rei ou do faraó. Mas também há reis grandes... e reis pequeninos. Os palmos ou os pés eram, como hoje ainda são, de muito diferentes dimensões e por isso a sua utilização era um método muito falível [11].

A Metrologia é uma importante ferramenta que começou a ter regras mais ou menos bem definidas já nos primeiros atos mercantilistas – a um comprimento ou a uma massa (termo muito confundido com peso) corresponderia um preço. Daí que os primeiros padrões que se conhecem eram tipicamente de comprimento, “peso” e volume. Mesmo a

organização internacional de adoção de padrões ainda é conhecida como “Conferência Geral de Pesos e Medidas”.

A título de curiosidade, ainda hoje é possível verificar à entrada de algumas fortificações (que protegiam cidades) uma marca gravada na pedra que servia de padrão de comprimento para os negócios que decorressem naquela urbe [11]. Na Figura 6 é possível visualizar-se um padrão do côvado.



Figura 6 – Padrão do Côvado da Igreja da Misericórdia do Sabugal, Séc. XIV (Museu do IPQ).

Continuavam assim a existir grandes diferenças de unidades, mesmo quando baseadas no mesmo tipo de padrão. Resultaram muitos conflitos, pois as diferenças de unidades correspondiam a custos sofridos por uma das partes quando se tratava de negociar produtos. A França é o país que serve de referência para mostrar os esforços para unificação de unidades. São conhecidas tentativas no século XIV de definição e aplicação de unidades universais, mas o êxito obtido foi escasso. No século XVII deu-se um avanço quando se adotou com certo êxito a “Toise” (Toesa, em português) com um valor aproximado de 1,95 m e com submúltiplos (pés, polegadas, linhas e pontos). A materialização da “Toise” estava num muro de um castelo, perto de Paris, de modo a que se pudesse comparar os padrões de trabalho distribuídos pelos comerciantes [11].

Os padrões eram fundamentais para a determinação dos impostos sobre a produção de comércio dos bens e das mercadorias, sendo considerados, tal como a moeda, instrumentos de poder e de vassalagem. Em Portugal, temos um marco notável na definição de unidades – a Carta de Lei de Almeirim. Esta lei, de *igualamento das medidas dos sólidos e dos líquidos* foi publicada por D. Sebastião, em 26 de Janeiro de 1575, pois tinha sido informado que:

... em uns lugares as medidas são grandes e logo em outros, junto deles, são pequenas e em outros mais pequenas ou maiores...

Esta lei era notável se considerarmos os conceitos que já então eram definidos, quer em termos de rastreabilidade, quer de calibração e inter-comparação. D. Sebastião

determinou que fossem criados padrões que ficavam depositados em lugares de confiança e padrões de 2ª classe que eram periodicamente comparados por funcionários (Almotacé-Mor). Os padrões de 3ª classe eram comparados com os de 2ª classe pelos Corregedores e Ouvidores do Reino [11].

Com a Revolução Francesa, assiste-se no século XVII, ao nascimento do sistema métrico decimal, baseado precisamente na unidade de medida **metro**, utilizada na medição da grandeza de comprimento [10].

O metro tem tido uma evolução sempre acompanhada de progressos científicos e técnicos notáveis. Relativamente a esta unidade de comprimento, a unidade principal na área de Metrologia Dimensional e a mais utilizada nas medições dos componentes aeronáuticos, na Caetano Aeronautic, menciona-se as diferentes definições [12] que sofreu ao longo do tempo:

- **1ª Definição do metro (1791)** – *Décima milionésima parte do quarto do meridiano terrestre que passa por Paris.*
- **2ª Definição do metro (1799)** – *Distância entre os topos de uma barra de platina a 0 °C.*

A exatidão deste padrão, situava-se na ordem de 0,1 mm, não sendo ainda uma definição suficiente.

A 20 de Maio de 1875, numa conferência diplomática sobre o metro, 17 governos assinaram o tratado designado por “A Convenção do Metro”. No âmbito da iniciativa decidiram criar e financiar um instituto científico e permanente, o *Bureau International des Poids et Mesures* – BIPM [11].

Em 1879/80, executaram-se 42 protótipos do quilograma e 30 protótipos do metro, designadas por Cópias Nacionais, que foram objeto de uma comparação cruzada entre si, com o quilograma protótipo e o metro protótipo internacionais, considerados equivalentes respetivamente ao *kilogramme* e ao *mètre des Archives*. A Portugal foram atribuídas cópias destes padrões, as quais passaram a assumir a função de padrões protótipos nacionais. A estas cópias foi-lhes atribuído o número 10.

- **3ª Definição do metro (1889)** [11]– *Distância entre dois traços centrais marcados numa barra de platina iridiada, de secção em “X”, à temperatura de 0 °C (Figura 7).*

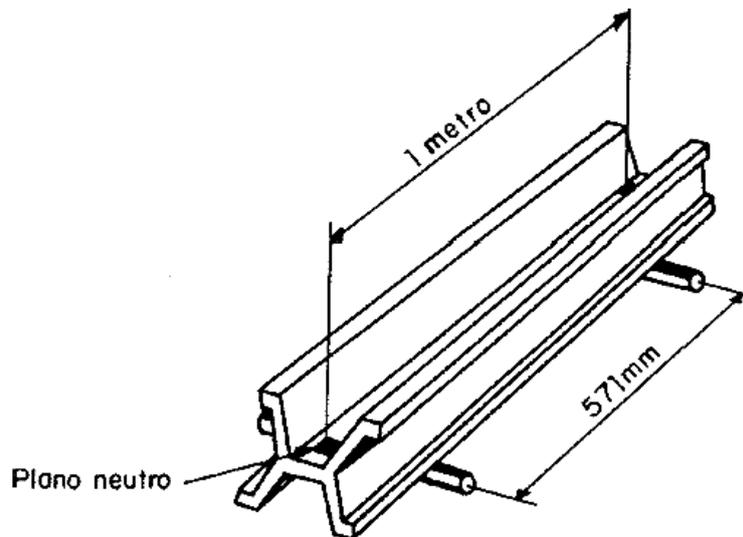


Figura 7 – Esquema da barra de platina com exatidão de 0,1 μm .

Os trabalhos desenvolvidos, principalmente pela SGIP (*Société Genevoise d'Instruments de Physique*, localizada na Suíça) revelaram que a resolução das medições era já superior à espessura dos traços [11]. Tudo apontava então para uma definição baseada na natureza ondulatória da luz. Já em 1864 o físico francês Fizeau tinha escrito:

Um raio de luz, com todas as suas séries de ondulações muito ténues, mas perfeitamente regulares, pode ser considerado, de algum modo, como um micrómetro natural da maior perfeição e particularmente apropriado a determinar comprimentos extremamente pequenos.

- **4ª Definição do metro (1960)** – Comprimento igual a 1 650 763,73 comprimentos de onda, no vazio, da radiação correspondente à transição entre os níveis 2p e 5d do átomo de cripton-86.

A definição tinha finalmente transitado para um método considerado praticamente perfeito, ou seja, com referência às características da radiação luminosa. Mas a rápida evolução que se fez sentir na radiação laser manteve acesa a chama de descontentamento dos físicos e metrologistas, que procuravam uma constante mais universal. Uma grandeza de muito boa exatidão era, e ainda é, a unidade de tempo aquela que se encontrava ligada a uma melhor incerteza - e a constante universal ligada ao tempo é a velocidade da luz no vazio [11]. Daí vem a definição atual do metro:

- **5ª Definição do metro (1983)** – O metro é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vazio durante um intervalo de tempo de 1/299 792 458 do segundo.

2.2 CONCEITOS ASSOCIADOS À METROLOGIA

Ao longo dos séculos, o significado de Metrologia nem sempre foi unânime. Para algumas pessoas a Metrologia integrava uma especialidade das compreensões referentes à medição. Outras, restringiam a Metrologia, como um conjunto de técnicas que auxiliavam a instrumentação.

Mas há muito que a Metrologia ultrapassou a fase de ser considerada como um domínio do conhecimento dentro da instrumentação ou conjunto de conhecimentos, abrangendo várias ciências. Agora é reconhecida como uma verdadeira ciência, embora recorrendo a muitas outras - como é normal em todos os outros domínios e ciências [11].

Contudo, a Metrologia, é ainda para muitos académicos, uma ciência desconhecida. No entanto, todas as ciências de engenharia se estruturam na Metrologia [11]. Segundo o Vocabulário Internacional de Metrologia, VIM, de 2012 – IPQ [13], a Metrologia tem a seguinte definição:

Metrologia / Metrology / Métrologie – Ciência da medição e suas aplicações.

A Metrologia compreende todos os aspetos, tanto teóricos como práticos, relacionados com a medição, qualquer que seja a sua incerteza e o domínio da ciência e da tecnologia a que se referem. A Metrologia relaciona entre si, os processos, os instrumentos, o local, o metrologista, etc. [10].

Segundo [10], a Metrologia envolve os seguintes domínios:

- **Unidades de Medida e suas Unidades-Padrão:** no que respeita à sua criação, reprodução, conservação e transmissão;
- **Medições:** relativamente aos processos de execução, estimativa da sua exatidão e incerteza;
- **Instrumentos de Medição:** pelas suas características;
- **Metrologistas:** pelas suas qualidades.

No VIM, encontram-se diversas definições amplamente utilizadas no laboratório de Metrologia da Caetano Aeronautic, contudo, o conceito de rastreabilidade é comum ao contexto da Metrologia (rastreabilidade metrológica) e da Qualidade.

No contexto da Qualidade, a rastreabilidade está associada a uma capacidade genérica de seguir a história, aplicação ou localização do que estiver a ser considerado. Como exemplo, podemos referir que, no caso de um produto, a rastreabilidade pode relacionar-se com [11]:

- A origem dos materiais e componentes;
- O historial do processamento;
- A distribuição e localização do produto após entrega.

Esta definição é aplicada aos componentes produzidos na Caetano Aeronautic, onde desde o início do processo de receção do material, é necessário ter registos do historial da matéria-prima. O cliente final terá a possibilidade de obter todo o historial do componente, desde o local onde foi extraído até ao avião onde foi aplicado, bem como, ter informação de todas as entidades, envolvidas no processo de fabricação e montagem, dos equipamentos utilizados e dos colaboradores envolvidos.

No contexto da Metrologia a rastreabilidade tem uma definição mais vertical, como mostra a Figura 8, ligando as medições ao Sistema Internacional de Unidades (SI).



Figura 8 – Pirâmide metrológica, ligando as medições ao SI.

A cadeia ininterrupta de comparações, como acontece na pirâmide da figura anterior, exige também que não se possa efetuar calibração em “anel fechado”, isto é, não deve ser efetuada a calibração de um equipamento B com um outro equipamento A que posteriormente irá calibrar o equipamento B. Chama-se a este método *Efeito de Zanzibar* (Anexo 1).

Outro termo comumente utilizado e que não vem descrito no VIM é o de Confirmação Metrológica. A definição é dada pela norma NP EN ISO 10012 onde se chama Confirmação ao ato de comparar os resultados de uma calibração com os necessários para o trabalho a que se destina o Equipamento de Monitorização e Medição (EMM), bem como a proteção e marcação, incluindo o ajuste e eventuais reparações.

- **Confirmação metrológica** – *Conjunto de operações necessárias para assegurar a conformidade de um equipamento de medição com os requisitos da utilização pretendida.*

Nota 1: Geralmente, a confirmação metrológica abrange a calibração e a verificação, qualquer ajuste ou reparação necessários e subsequente recalibração, comparação com os requisitos metrológicos para a utilização pretendida para o equipamento, bem como qualquer selagem e marcação requeridas.

Nota 2: A confirmação metrológica só é atingida quando e salvo se a aptidão do equipamento de medição para a utilização pretendida tiver sido demonstrada e documentada.

Nota 3: Os requisitos para a utilização pretendida incluem considerações tais como a gama, a resolução e os erros máximos admissíveis.

Nota 4: Normalmente, os requisitos metrológicos são distintos dos, e não são especificados nos, requisitos do produto.

Nota 5: A figura 2 da ISO 10012 apresenta um diagrama dos processos envolvidos na confirmação metrológica.

NP EN ISO 10012:2005

Quando a calibração é feita em laboratório externo, geralmente os resultados são fornecidos em certificado não conclusivo. Deve-se, então, ao rececionar o certificado, fazer uma análise dos erros (ou correções) e incertezas ao que, como vimos, se chama confirmação metrológica. Não é impeditivo que os laboratórios procedam à elaboração de certificados conclusivos, mas tal procedimento deverá resultar de um acordo entre a entidade requisitante e a entidade calibradora, só podendo ser feito se claramente identificada a especificação metrológica aplicável (que poderá ser baseada em documento internacionalmente aceite) [11]. O acréscimo de preço que um certificado conclusivo poderá ter (não necessariamente), poderá ser evitado se as empresas se prepararem para fazer a sua própria confirmação.

Pode-se afirmar que a calibração por si só não tem qualquer validade se não for objeto de análise que leve à conclusão de conformidade. Ao requisitarmos uma calibração, já sabemos que vamos obter um documento que nos fornece “... a relação entre os valores da grandeza com incertezas de medição provenientes de padrões e as indicações correspondentes com incertezas de medição associadas...”, pelo que o certificado (em princípio) não diz que o instrumento está apto a medir aquilo que se espera dele [11]. A confirmação será o ato de comparar a exatidão, incerteza e, eventualmente, outras propriedades determinadas na calibração com as tolerâncias admissíveis ou

envolvidas no processo de medição a que se destina o instrumento. Após essa análise, o instrumento poderá entrar em serviço, se o resultado for positivo.

Resumindo, ao ato de comparar os erros e incertezas com tolerâncias e a respetiva evidência (marcação) bem como a proteção e, eventualmente o ajuste, chama-se Confirmação (Metroológica) [11].

A confirmação metroológica envolve as etapas visualizadas na Figura 9.



Figura 9 – A confirmação metroológica e toda a sua envolvente.
Adaptado de [11].

2.3 SISTEMA PORTUGUÊS DA QUALIDADE

O Instituto Português da Qualidade (IPQ) é a entidade nacional responsável pela coordenação, gestão geral e desenvolvimento do Sistema Português da Qualidade (SPQ), bem como de outros sistemas de qualificação no domínio regulamentar que lhe sejam conferidos por lei. Tem também a missão de promover e coordenar as atividades que visem contribuir para demonstrar credibilidade da ação dos agentes económicos, bem como o desenvolvimento das atividades inerentes à sua função de laboratório nacional de Metrologia.

O IPQ foi criado em 1986 através do Decreto-Lei n.º 183/86, de 12 de Julho. Assim, o Estado Português dotou-se de um organismo nacional responsável pelas atividades de normalização, certificação e Metrologia.

Segundo o Artigo 4.º do Decreto-Lei n.º 71/2012 de 21 de março ... *o Sistema*

Português da Qualidade (SPQ) é o conjunto integrado de entidades e organizações interrelacionadas e interatuantes 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 [14].

O SPQ está, portanto, dividindo em três Subsistemas:

- **Subsistema da Normalização** - o subsistema que enquadra as atividades de elaboração de normas e outros documentos de caráter normativo de âmbito nacional, europeu e internacional;
- **Subsistema da Qualificação** - o subsistema que enquadra as atividades da acreditação, da certificação e outras de reconhecimento de competências e de avaliação da conformidade, no âmbito do SPQ;
- **Subsistema da Metrologia** - o subsistema que garante o rigor e a exatidão das medições realizadas, assegurando a sua comparabilidade e rastreabilidade, a nível nacional e internacional, e a realização, manutenção e desenvolvimento dos padrões das unidades de medida.

A Metrologia é um serviço de natureza laboratorial e regulamentar, cujos domínios ou atribuições principais são:

- **Metrologia Científica;**
- **Metrologia Legal;**
- **Metrologia Aplicada.**

Cabe a cada um destes domínios, papéis diferentes no que respeita à atuação, no entanto, estes encontram-se interligados no que respeita a padrões, processos de ensaio, condições laboratoriais, etc..

Metrologia Científica

A Metrologia Científica, também conhecida por Primária ou Fundamental, realiza as unidades de medida a partir da sua definição, recorrendo a ciências (físicas e outras), bem como a constantes físicas fundamentais, desenvolvendo, mantendo e conservando os padrões de referência. Atua ao nível da mais alta exatidão e incerteza, sendo independente de outras entidades em termos de rastreabilidade. A garantia dos valores obtidos assenta

fortemente em exercícios de comparação interlaboratorial com outros laboratórios primários [11].

Em Portugal, a Metrologia Científica é da responsabilidade do IPQ, o qual intervém através da Direção dos Serviços de Metrologia, e tem como principais objetivos:

- A realização e manutenção dos padrões nacionais;
- Participar nas comparações chaves do BIPM;
- Rastreabilidade dos padrões de referência;
- Calibração de padrões e instrumentos de medição;
- Organização de comparações interlaboratoriais;
- Participação no sistema de acreditação nacional.

O Laboratório Central de Metrologia (LCM), do IPQ é o detentor da maior parte dos padrões nacionais das unidades de medida.

O sistema de unidades de medida legais, em Portugal, é regido pelo Decreto-Lei n.º 128/2010 de 3 de dezembro [15]. Os nomes, símbolos e definições das unidades, os prefixos e símbolos dos múltiplos e submúltiplos das mesmas unidades e as recomendações para a escrita e para a utilização dos símbolos, aprovados pela Conferência Geral de Pesos e Medidas - CGPM, constam do presente decreto-lei.

Metrologia Legal

A Metrologia Legal atua junto de todos os agentes económicos e do público em geral fazendo cumprir legislação aplicável aos mais diversos tipos de instrumentos de medição que interferem nos circuitos comerciais, na saúde e na segurança dos cidadão. São exemplo de aplicação os contadores de água, gás e de energia elétrica ativa, os taxímetros, os instrumentos de medida de dimensões, as balanças para fins comerciais, os esfigmomanómetros, entre outros [11].

Metrologia Aplicada

Segundo o autor Carlos Sousa [11], a Metrologia Aplicada, é também conhecida por Metrologia Industrial, mas esta última designação tende a cair em desuso. Contudo alguns autores, como por exemplo, Pedro Guedes [10], continuam a utilizar o termo Metrologia Industrial. Contrariamente, a diretora do departamento de Metrologia do IPQ, Eduarda Filipe, utiliza a designação de Metrologia Aplicada, designação essa que será adotada no presente documento e que é o termo mais utilizado na Caetano Aeronautic.

A Metrologia Aplicada tem o seu âmbito de aplicação nas medições na produção e transformação de bens ou na demonstração da qualidade metrológica em organizações com sistemas de qualidade certificados. Trata-se das medições em processos de fabrico e de controlo de qualidade dos mais diversos produtos e serviços. Baseia-se numa cadeia hierarquizada de padrões existentes em laboratórios e empresas, padrões estes rastreáveis a padrões primários (internacionais ou nacionais) [11].

Segundo Pedro Guedes [10], a Metrologia Aplicada deve respeitar:

- **O domínio da Metrologia Aplicada:** comprimento, massa, tempo, etc.;
- **O nível de atuação:** classes de incerteza;
- **O tipo de atividade a desenvolver:** calibração de produtos, controlo de processos, ensaios, etc.;
- **O manual de procedimentos:** procedimentos, normas, registos, etc..

Na Figura 10 estão indicadas as três categorias da Metrologia.

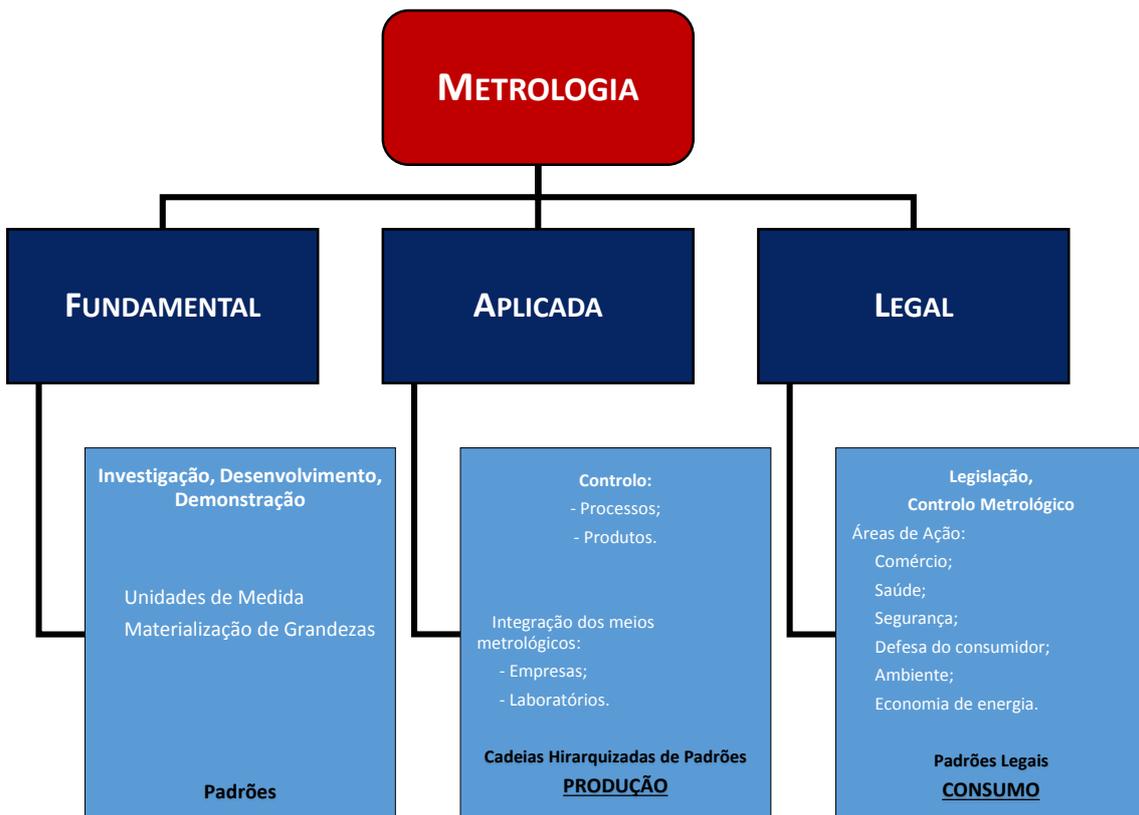


Figura 10 – As três categorias da Metrologia.
Adaptado de [11].

O Padrão Internacional é um padrão reconhecido por um acordo internacional para servir de base entre os vários países, à fixação dos valores dos outros padrões da grandeza

a que respeita. De salientar que alguns dos padrões internacionais encontram-se depositados no *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM), com sede em Paris, cuja entidade zela pela uniformização mundial de medidas e pela conformidade com o Sistema Internacional de Unidades (SI). O BIPM assegura estas competências através da autoridade da Convenção do Metro, da qual fazem parte, 55 nações, entre elas Portugal [12].

A avaliação e gestão do SI é realizada pelo BIPM e pelas seguintes organizações:

- **Conferência Geral de Pesos e Medidas:** CGPM (*Conférence Générale des Poids et Mesures*);
- **Comité Internacional de Pesos e Medidas:** CIPM (*Comité International des Poids et Mesures*).

Para além dos padrões primários ou nacionais e dos padrões secundários, existem os denominados padrões de trabalho. Estes padrões de medição estão organizados, segundo uma hierarquia de qualidade e exatidão. Um padrão de trabalho é um padrão de referência utilizado geralmente em laboratórios de Metrologia, principalmente em testes e em calibrações de outros instrumentos utilizados no laboratório ou noutra área de atividade da empresa. Estes padrões são submetidos a rastreio periódico, em laboratórios de acreditação, para calibração e comparação com os padrões secundários.

No laboratório de Metrologia da Caetano Aeronautic, é possível encontrar alguns destes padrões de trabalho, sendo os mesmos utilizados no controlo de instrumentos destinados à medição da grandeza de comprimento. Dentro dos padrões de trabalho, mais comumente utilizados na Metrologia dimensional, destacam-se: os blocos padrão planos (comprimento), os tampões (diâmetro exterior e comprimento), os anéis (diâmetro interior) e os planos óticos (planeza e paralelismo). Na Figura 11 apresentam-se os padrões existentes no laboratório de Metrologia da CAER.



Figura 11 – Padrões de Trabalho, laboratório de Metrologia, CAER.

1. Padrão de trabalho do rugosímetro; 2. Padrão de trabalho do micrómetro de interiores; 3. Anéis para micrómetros de interiores; 4. Caixa de blocos padrão de diferentes dimensões.

O padrão de trabalho do rugosímetro tem um valor tabelado de $2,5 \mu\text{m}$, e o do micrómetro de interiores, contém diferentes valores padronizados, conforme o intervalo de medição dos micrómetros. As classes de exatidão (ou graus) dos blocos padrão são: graus K, 0, 1 e 2 (K é a classe utilizada para calibração de blocos das outras classes e 2 é a classe de menor nível). A classe dos blocos padrão existente no laboratório é a classe 1. Os blocos padrão são peças em forma de paralelepípedo, fabricadas em aço, carboneto de tungstênio ou ainda em material cerâmico, sendo materiais altamente estáveis [11]. As faces de medição têm acabamento de elevada qualidade:

- No que respeita ao estado superficial, têm uma rugosidade muitíssimo baixa, sendo a respetiva superfície espelhada;
- As faces de medição estão entre si com um elevado grau de paralelismo;
- Cada uma das faces de medição tem planeza muito pequena.

A norma internacional de blocos padrão é a ISO 3650, que estabelece limites para a classificação dos blocos padrão em função do desvio máximo ao centro, da variação máxima de comprimento, da planeza e do paralelismo.

2.4 SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE - CAETANO AERONAUTIC

A Organização Internacional de Normalização (ISO – *International Standards Organization*), em 1987, concebeu o modelo para desenvolvimento de Sistemas de Qualidade – o modelo ISO 9000.

O modelo ISO 9000 é um conjunto genérico de normas, aplicável a um vasto leque de empresas e indústrias, que permite organizar um sistema de qualidade, definir a estrutura organizacional, as responsabilidades, os procedimentos, os processos e os recursos para implementar a gestão da qualidade.

As normas ISO foram desenvolvidas, como parte do processo da União Europeia para eliminar as barreiras comerciais e para harmonizar as normas técnicas.

O modelo ISO 9000 consiste num conjunto de normas, da 9000 à 9004, cada uma com um propósito específico:

- **Normas 9000 e 9004:** são documentos descritivos;
- **Normas 9001, 9002 e 9003:** são os modelos utilizados na Certificação de um Sistema de Gestão.

Na Figura 12 pode-se verificar a evolução do conceito de Qualidade ao longo do século XIX, onde inicialmente os sectores envolvidos eram apenas o de produção e inspeção. Com o passar das décadas foi necessário reajustar o mesmo para se envolverem todos os departamentos, posteriormente toda a direção e após o surgimento das normas ISO, todas as partes interessadas.

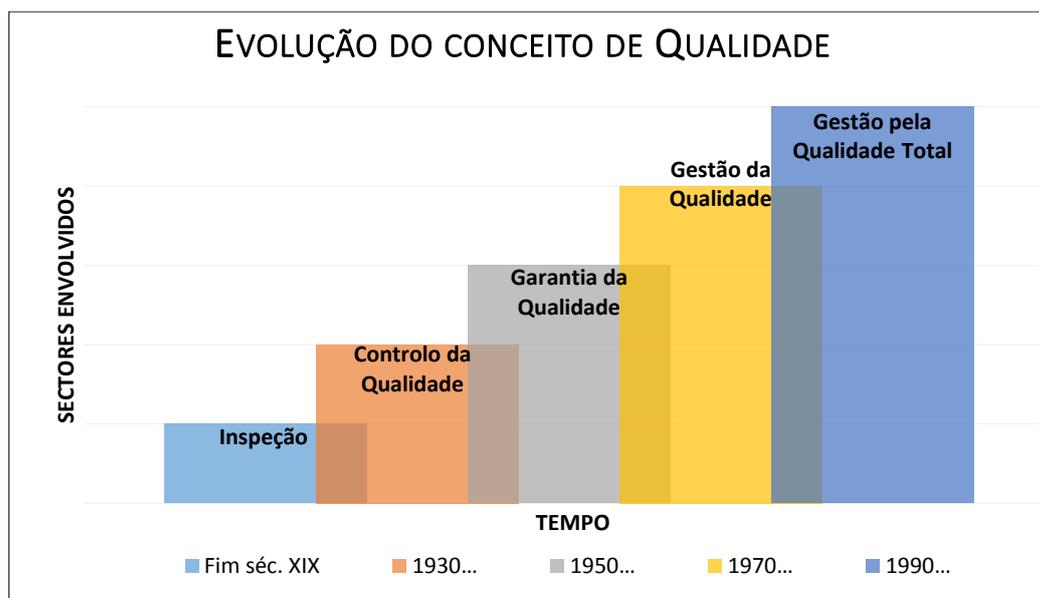


Figura 12 – Evolução do Conceito de Qualidade.
Adaptado de [16].

Um sistema de Certificação é um conjunto de procedimentos estabelecidos e reconhecidos, através dos quais se determina a conformidade de produtos ou sistemas com normas ou especificações técnicas aplicáveis [10].

A certificação de um Sistema de Gestão de uma empresa consiste no reconhecimento formal por um organismo de Certificação independente e acreditado, após a realização de uma auditoria, que o sistema da organização cumpre com as normas aplicáveis, ISO e não só, tendo em consideração os três eixos fundamentais do processo, nomeadamente:

1. Gestão da Qualidade (NP EN ISO 9001);
2. Gestão Ambiental (NP EN ISO 14001);
3. Gestão da Segurança (NP EN ISO 18001, NP 4397).

A Caetano Aeronautic adquiriu a sua certificação na norma NP EN ISO 9001:2008 (Sistemas de gestão da qualidade – requisitos) em 23 de abril de 2014, através de uma entidade internacional de certificação, a AENOR (Espanha): *Asociación Española de Normalización y Certificación*, sendo a mesma válida para um período de três anos. Na mesma data, a Caetano Aeronautic adquiriu também a certificação na norma EN 9100:2009 – *Aerospace series – quality management systems – requirements and Quality systems – Model for quality assurance in design, development, production, installation and servicing*. Esta última é um complemento à norma NP EN ISO 9001, mas foca-se mais nos requisitos característicos da indústria aeronáutica, sendo um requisito que o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), da Caetano Aeronautic, seja abordado por processos.

A Norma NP EN ISO 9001:2008 recomenda expressamente “*a adoção de uma abordagem por processos quando se desenvolve, implementa e melhora a eficácia de um sistema de gestão da qualidade, para aumentar a satisfação do cliente indo ao encontro dos seus requisitos*”.

Um processo é definido quando uma dada atividade, ou conjunto de atividades utiliza recursos que transformam entradas (denominada *inputs*) em saídas (denominada *outputs*). Na CAER verifica-se a importância dos mesmos, sendo necessária a sua gestão para que estejam todos coordenados, sendo que a saída de um processo integra a entrada de um novo processo. A Figura 13 mostra o SGQ descrito anteriormente, fazendo parte do conjunto das normas ISO 9000.

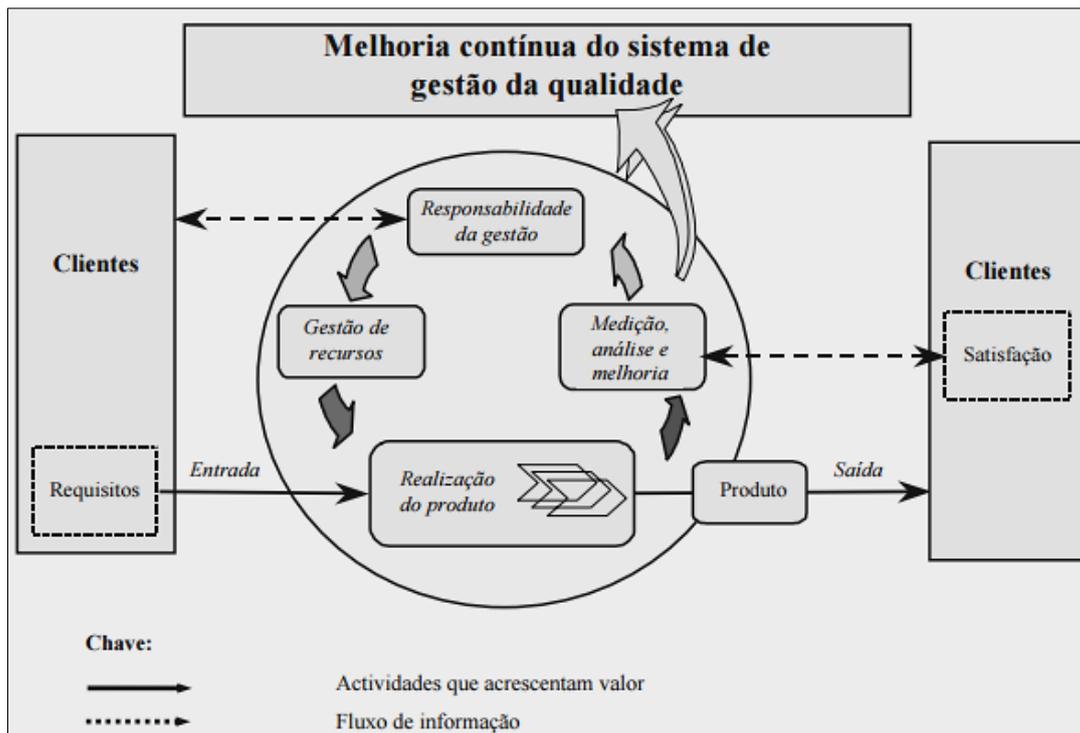


Figura 13 – Modelo de um sistema de gestão de qualidade baseado em processos.
Retirado de [17].

A estrutura documental do SGQ da CAER encontra-se visível na Figura 14, em que:

- 1) Política da Qualidade: Compromisso da Gestão de Topo relativamente à Qualidade;
- 2) Manual de Qualidade: Documento que descreve o SGQ;
- 3) Processo: Conjunto de atividades utilizando recursos, gerido de forma a permitir a transformação de entradas em saídas;
- 4) Procedimentos: Documentos que descrevem o modo de realizar atividades ou processos;
- 5) Instruções: Documentos que caracterizam em detalhe as tarefas a realizar em cada atividades, definindo as regras e sequências de atuação face a parâmetros pré-definidos;
- 6) Impressos / Registos: Os impressos são formatos/modelos que se destinam ao preenchimento manual ou informático. Estes impressos, após preenchimento, transformam-se em registos e constituem evidências objetivas sobre as atividades realizadas ou os resultados obtidos.



Figura 14 – Diagrama exemplar da estrutura documental do SGQ da CAER.
Adaptado de [8].

Observando, ainda, a estrutura documental da CAER, verifica-se que os procedimentos estão posicionados num nível inferior ao dos processos.

Quando se efetua a explanação de uma atividade de um processo, uma descrição literal pode ser exígua, e nessa vertente advém um procedimento documentado, com maior minúcia do que um processo. Os procedimentos indispensáveis, de acordo com a norma EN 9100:2009, são:

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

Nos dois últimos patamares do diagrama da estrutura documental, verifica-se que os mesmos dizem respeito às Instruções e Impressos / Registos.

As Instruções permitem documentar e esclarecer uma atividade específica, do âmbito operativo. Dentro do âmbito do processo produtivo da Caetano Aeronautic, existem duas instruções relevantes: As Instruções de Trabalho (IT) e as Instruções de Verificação (IV). Existem ainda as Instruções de Manutenção (IM), que são elaboradas quando ocorre uma nova receção e instalação de máquinas e/ou meios auxiliares.

Segundo a norma EN 9100:2009 é essencial criar um procedimento documentado para o controlo dos registos. A Caetano Aeronautic cumpre este ponto da norma, 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.

Como já foi referido em 2.2 CONCEITOS ASSOCIADOS À METROLOGIA, a maioria dos produtos 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).

A organização disponibiliza o Manual da Qualidade (MQ), que orienta todos os colaboradores para o cumprimento dos requisitos estabelecidos pela norma, demonstrando o SGQ implementado, bem como com as suas práticas, cumprindo com o descrito na norma EN 9100:2009.

A Caetano Aeronautic apresenta uma organização do SGQ por processos, em que o modelo do mapa de processos é apresentado na Figura 15.

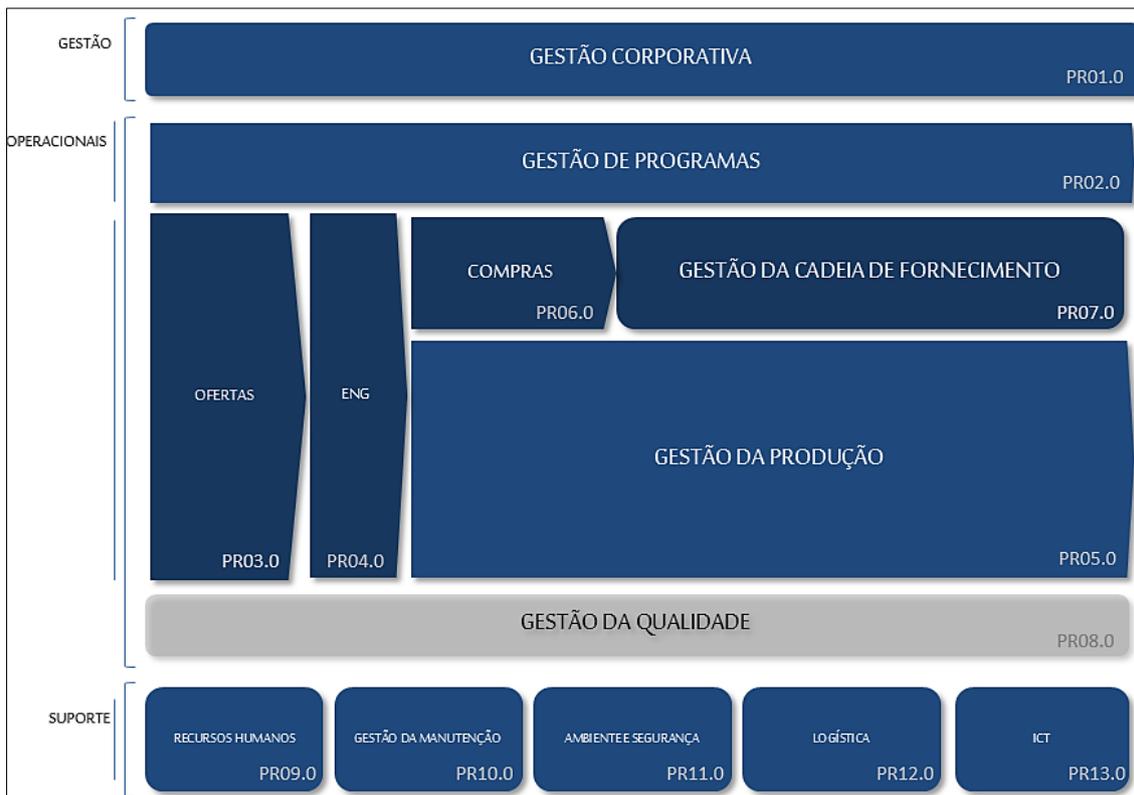


Figura 15 – Modelo de Organização de Processos, CAER.
Retirado de [8].

Pelo modelo visível na Figura 15, verifica-se a existência de 13 processos, divididos em 3 conjuntos: os processos de gestão, os operacionais e os processos de suporte. A Gestão de Topo, através dos processos de “PR03.0 Offers”, “PR04.0 Manufacturing Engineering” e “PR08.0 Quality Management”, assegura que os requisitos do cliente são determinados e revistos com o propósito de aumentar a satisfação do cliente.

Para cada processo, existe um procedimento associado, sendo que os processos inerentes ao departamento da Qualidade são os seguintes:

- Controlo de Documentos;
- Controlo de Registos;
- Controlo de Carimbos;
- Ações Corretivas;
- Ações Preventivas e de Melhoria;
- Auditorias Internas;
- Auditorias a Fornecedores e Subcontratados;
- Gestão de Equipamentos de Medição e Monitorização;
- Gestão de Reclamações;

- Suporte ao Cliente;
- Avaliação da Satisfação do Cliente.

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

CAPÍTULO 3 – *LAYOUT* DO LABORATÓRIO DE METROLOGIA

3.1 ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO DO LABORATÓRIO DE METROLOGIA - *LAYOUT*

Para um sistema produtivo eficiente o primeiro passo é a organização, pois sem ela é impossível administrar. A organização deve passar também pela disposição adequada de tudo o que está envolvido no processo produtivo, nomeadamente o estudo de arranjos físicos (*layouts*).

De acordo com [18], *layout* é a forma como os homens, máquinas e equipamentos estão dispostos numa fábrica, ou seja, é a melhor utilização do espaço disponível que resulte num processamento mais efetivo, minimizando as distâncias percorridas e o tempo despendido nos processos. O *layout* corresponde ao arranjo dos diversos postos de trabalho nos espaços existentes na organização, envolvendo, além da preocupação de melhor adaptar as pessoas ao ambiente de trabalho segundo a natureza da atividade desempenhada, ter em conta a arrumação dos móveis, equipamentos e matérias-primas. A escolha de um *layout*, adequado ao sistema produtivo, proporciona uma melhor comunicação e organização, além de ir ao encontro das prioridades competitivas desejadas. O estudo e o planeamento do *layout* pode melhorar o fluxo de materiais e informações, proporcionar eficiência na utilização dos equipamentos e mão-de-obra, conveniência ao consumidor, diminuir os riscos dos trabalhadores e melhorar a comunicação [18].

Um *layout* adequado ao funcionamento de um determinado sistema produtivo, pode ainda melhorar a utilização do espaço disponível, diminuindo a quantidade do material em processo, as distâncias de movimentação dos materiais e das pessoas, racionalizando a disposição dos sectores, aumentando ainda a satisfação e a moral, por parte dos colaboradores, no seu trabalho, deixando o local mais “ordenado” e “limpo”. O resultado traduz, também uma redução de tempo no manuseamento dos materiais e entrega dos mesmos aos clientes, melhorando a movimentação no processo, ou seja, espera-se diminuir as esperas e distâncias e reduzir os custos indiretos devido aos congestionamentos, manuseio e danos materiais [18].

São vários os aspetos que devem ser tidos em conta aquando da definição de um *layout*, nomeadamente a luminosidade, ruído, temperatura, eletricidade, humidade e o acesso às saídas de emergência. O revestimento do piso é frequentemente um problema e sujeito a compromisso. Deve ser de carga e resistente ao desgaste, duro, não sujeito a retenção de poeira nem abrasão, não produzir eletricidade estática, não ser escorregadio

quando molhado, ser fácil de limpar, resistente ao fogo e, finalmente, pelo menos, nos laboratórios e escritórios, ser atraente [19].

3.1.1 AVALIAÇÃO DO LAYOUT DO LABORATÓRIO DE METROLOGIA

Nas primeiras semanas de estágio procedeu-se a algumas sugestões de melhoria junto dos responsáveis do Laboratório de Metrologia. Das mesmas destaca-se a identificação das caixas que contêm os componentes aeronáuticos, com as informações do número da ordem de produção, quantidade de peças e cliente final. Propôs-se também a identificação, por cores, das entidades subcontratadas que efetuam diversas operações posteriores à medição dos componentes aeronáuticos. Esta sugestão teve como objetivo agregar antecipadamente o destino das mesmas. A terceira proposta foi a alteração de uma estante de peças para um outro local, de forma a melhorar o fluxo e a comunicação no interior do laboratório. Todas as sugestões foram consideradas e atualmente a primeira e terceira propostas encontram-se em vigor na Caetano Aeronautic.

Face a esse interesse e às alterações que, no imediato, trouxeram melhorias significativas a todo o fluxo laboratorial (e fluxo produtivo), foi sugerido elaborar um novo *layout* para o Laboratório de Metrologia da CAER. Essa sugestão de melhoria foi realizada no final do mês de outubro, com a aquisição de uma nova máquina de medição a ser colocada no interior do laboratório. Dessa forma, avaliou-se inicialmente as dimensões do laboratório e dos equipamentos e mobiliários encontrados no interior do mesmo. O laboratório possui cerca de 6,40 metros de largura e 16,10 metros de comprimento (aproximadamente 103 m² de área).

No interior do laboratório encontravam-se, em média, sete pessoas, sendo que quatro eram colaboradores da CAER e três apresentavam-se em situação temporária de estágio curricular (dois com a duração de 3 meses e um com duração de 7 meses). Das sete pessoas presentes no laboratório, cinco faziam parte da equipa de Metrologia e duas da equipa da Engenharia da Qualidade.

Verificou-se que, em relação aos produtos, havia alguma dificuldade com o fluxo e com a movimentação dos mesmos. Apesar de existirem corredores de segurança e a deslocação dos colaboradores ser fluída, o atual *layout* não se encontrava organizado de forma a agilizar os processos. Foi possível chegar a essa conclusão, mediante uma observação feita no local, nomeadamente após 2 semanas da colocação da máquina de medição no interior do laboratório. Uma das outras falhas detetadas foi a existência de

apenas uma bancada de medição, sendo que por momentos era frequente dois colaboradores se encontrarem num mesmo local de trabalho, originando problemas de segurança e de ergonomia.

Após a realização de várias pesquisas, elaborou-se o *layout* com as dimensões reais do laboratório, assim como de todo o mobiliário e equipamentos no interior do mesmo, de forma a proceder-se às ações de melhoria pretendidas.

O *layout* foi construído utilizando-se a ferramenta online, *Floorplanner* [20], onde é possível criar e compartilhar plantas interativas. A, Figura 16 ilustra o *layout* que se encontrava inicialmente no laboratório de Metrologia.



Figura 16 – Layout do laboratório de Metrologia, CAER.
(criado a partir da ferramenta *floorplanner*).

Como é possível visualizar na figura anterior, existem duas Máquinas de Medição, denominadas Máquinas de Medição por Coordenadas (MMC) também vulgarmente denominadas por *Coordinate Measuring Machine* (CMM), em que ambas ocupam uma área substancial dentro do laboratório. O laboratório contém ainda um graminho, um quadro branco fixo à parede e outro móvel, uma bancada de trabalho, quatro secretárias, sendo que duas possuem os computadores de controlo das MMC. Existe ainda uma mesa de trabalho, utilizada pelos colaboradores pertencentes à engenharia da qualidade.

Para o fluxo das peças, encontram-se duas estantes para a colocação das mesmas, sendo que uma delas recebe a totalidade das peças que dão entrada no laboratório, sendo por vezes distribuídas algumas peças para a estante mais próxima da máquina de medição 2.

As pegadas assinaladas no piso do laboratório, com quatro cores diferentes (amarelo, vermelho escuro, verde escuro e verde claro) correspondem aos percursos associados ao processamento dos lotes das peças no interior do laboratório:

-  – Percurso 1 corresponde à entrada das caixas com um lote de peças;
-  – Percurso 2 corresponde ao processamento de medição;
-  – Percurso 3 corresponde ao processamento pós-medição;
-  – Percurso 4 corresponde ao local de saída dos lotes do laboratório.

Através dos percursos assinalados na figura anterior, verifica-se uma grande distância entre a estante de peças e os locais de medição. Isto implica um maior tempo entre operações e uma concentração total de lotes com diferentes requisitos e atributos, numa só estante. De salientar ainda, que o armário de equipamentos se encontra do lado oposto à bancada de medição, o que implica o colaborador ter de se deslocar em diferentes sentidos para iniciar a sua medição.

Como se pode constatar, para além de haver maiores distâncias a percorrer entre colaboradores, a própria disposição dos locais de trabalho não é a mais adequada. Repare-se que as secretárias e mesas se encontram dispersas, não havendo locais distintos e predefinidos como sendo para trabalho com computador (informático) e alternativamente para realização de medições (trabalho manual).

Em muitos momentos de início de medição é necessário imprimir as Instruções de Verificação (IV), onde se efetua o registo de medição, sendo necessário o operador deslocar-se à impressora, que se encontra substancialmente afastada da bancada de medição e dos colaboradores próximos da máquina de medição 1.

Todos estes fatores não eram adequados à realização das atividades desempenhadas pelos operadores, nem garantiam, em pleno, segurança, saúde, conforto, satisfação, adequada comunicação e produtividade em termos qualitativos e/ou quantitativos. Foi assim pertinente elaborar um novo *layout* para o Laboratório de Metrologia de forma a melhorar esses mesmos fatores e o sistema em geral.

3.1.2 AÇÕES DE MELHORIA DO LAYOUT DO LABORATÓRIO DE METROLOGIA

Como se constata pelo exposto na seção 3.1.1 **AVALIAÇÃO DO LAYOUT DO LABORATÓRIO DE METROLOGIA** foi necessário proporcionar um fluxo de materiais e de trabalho mais fluido através do laboratório. Dessa forma elaborou-se um *layout*

organizando os diferentes tipos de atividades no laboratório, ou seja, separando-se os trabalhos manuais das atividades computacionais.

Para além dessa separação foi efetuado um levantamento de necessidades da aquisição de mais algum equipamento para melhorar a eficiência do trabalho, tendo sido apresentada a seguinte lista:

- uma bancada de medição;
- uma cadeira ajustável para a bancada de medição;
- um armário para guardar os equipamentos associados às CMM;
- uma secretária;
- um armário para guardar os registos das Ordens de Produção (OPs), sendo este por pura necessidade, face ao anterior já se encontrar quase lotado.

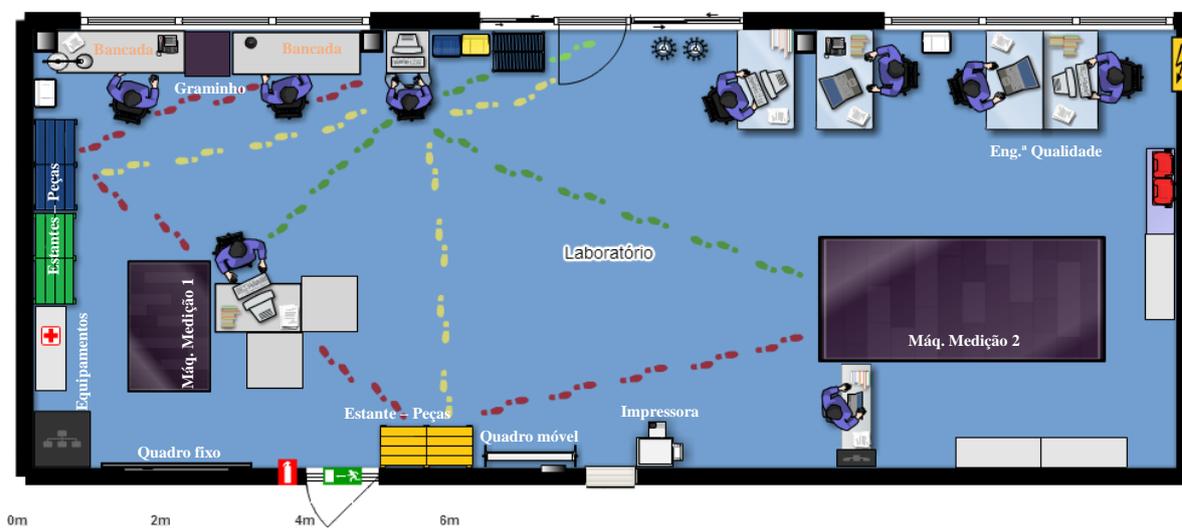


Figura 17 – Layout atual do laboratório de Metrologia, CAER.
(criado a partir da ferramenta *floorplanner*).

Na Figura 18 é apresentada uma visualização 3D do atual *layout* que completa as sugestões de melhoria apresentadas, contendo 3 vistas: (A) – Vista superior, (B) – Vista lateral esquerda, (C) – Vista lateral direita.

Este novo *layout* inclui uma nova responsabilidade atribuída à equipa de Metrologia que é a inspeção final de produtos realizada, quando estes foram sujeitos a operações em entidades externas à Caetano Aeronautic, nomeadamente ensaios de dureza e condutividade elétrica, tratamentos superficiais e pintura, e cujo objetivo principal é a deteção de quaisquer defeitos nas peças ou erros na documentação associada.

Dessa forma, as estantes existentes no laboratório foram divididas, de acordo com

o nível de processo em que se encontravam os lotes das Ordens de Produção (OPs). As cores atribuídas às estantes foram as cores laranja, azul e verde.

A estante de cor laranja corresponde às peças que entram pela primeira vez no laboratório e que têm necessidade de ser medidas usando uma das Máquinas de Medição por Coordenadas (MMC). Estes lotes podem ser divididos em dois grupos, sendo os primeiros denominados de Industrializações e os segundos de Primeiro Artigo Inspeccionado, mais vulgarmente denominado por FAI (*First Article Inspection*).

A estante de cor azul corresponde aos lotes série no laboratório, sendo, praticamente, a totalidade dos mesmos medidos manualmente nas bancadas de trabalho.

Já a estante de cor verde corresponde aos produtos rececionados das operações de subcontratação, e, como já referido, às peças já com os devidos tratamentos superficiais, sendo este tema abordado no ponto 4.1.3 **INSPEÇÃO FINAL**.

Após a conclusão do *layout*, este foi apresentado aos responsáveis pela direção do laboratório, onde foram explanados os principais motivos de alteração e apresentada a lista de equipamentos/mobiliários necessários para a implementação do mesmo, no espaço físico do laboratório.

A equipa do laboratório, concordou em efetuar a alteração do *layout* e em obter a lista de equipamentos/mobiliário. Até à data, do presente relatório, foi possível adquirir todos os equipamentos da lista. Com as alterações implementadas verificou-se um maior conforto, uma melhor comunicação e organização, ficando os colaboradores posicionados de forma adequada ao fluxo das operações em que estão envolvidos.

A alocação dos arquivos, armários, máquinas e outros utensílios, perto das pessoas ou unidades que delas fazem uso mais frequente, permitiu uma melhor utilização dos recursos disponíveis. Procedeu-se também à alocação dentro do possível, das pessoas, móveis e equipamentos no mesmo sentido dos processos.

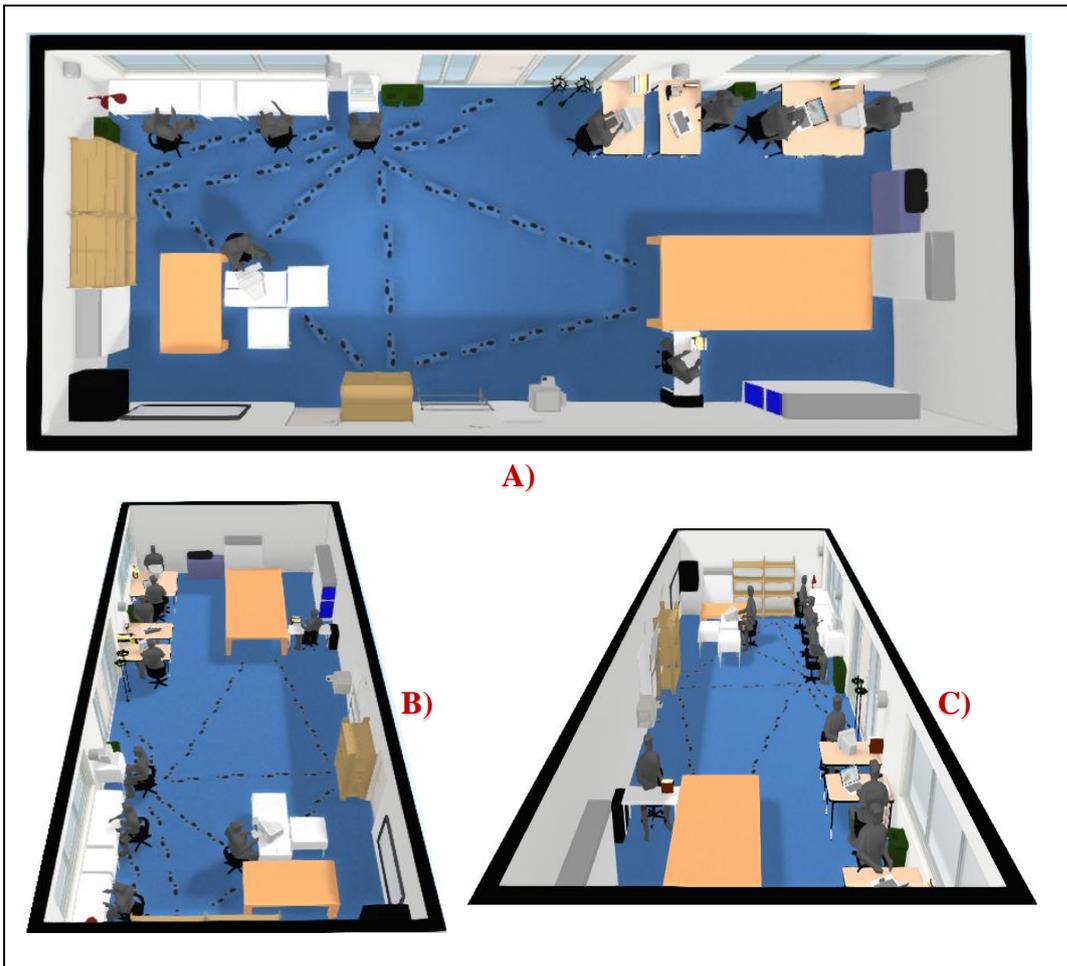


Figura 18 – Layout atual em 3D do Laboratório de Metrologia, CAER.
(criado a partir da ferramenta *floorplanner*)

A Figura 20Figura 19 mostra a vista esquerda do laboratório, e na Figura 20 visualiza-se a vista lateral direita.



Figura 19 – Fotografia da vista lateral esquerda do Laboratório de Metrologia, CAER.



Figura 20 – Fotografia da vista lateral direita do Laboratório de Metrologia, CAER.

Capítulo 4 – INSPEÇÃO E METROLOGIA NA CAETANO

AERONAUTIC

4.1 INSPEÇÃO AERONÁUTICA

A inspeção pode ser denominada como um conjunto de procedimentos técnicos com a finalidade de classificar o produto ou lote de produtos em aceite ou não conforme. Esta inspeção deve ser efetuada em todas as fases do processo produtivo e, consequentemente, a Metrologia está presente, desde o início até ao fim do produto final.

Na Figura 21 representa-se as fases do fluxo de produção, nomeadamente desde a receção da matéria-prima até à ida dos componentes aeronáuticos para o cliente final.

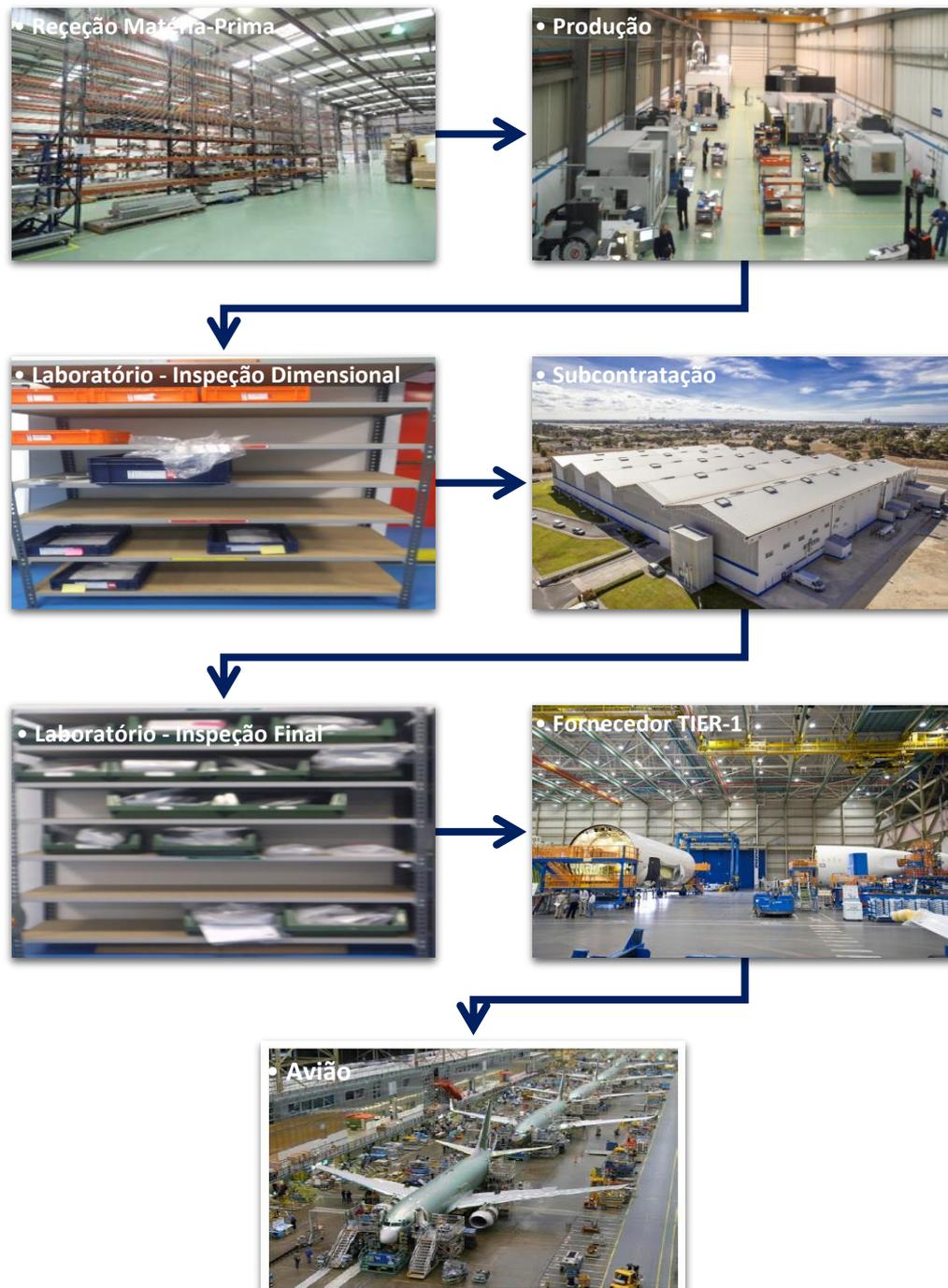


Figura 21 – Representação do fluxo de produção.

A inspeção, na Caetano Aeronautic, é realizada com especial atenção em três fases do fluxo produtivo:

1. Inspeção de matéria-prima;
2. Inspeção dimensional e documental;
3. Inspeção final e documental.

4.1.1 INSPEÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA

A inspeção da matéria-prima requer que um colaborador da equipa da Metrologia esteja presente nesta fase, visto que é necessário proceder-se a uma avaliação das dimensões dos materiais adquiridos e à presença da indicação da direção do grão. Relativamente à receção de perfis, é necessário comprovar a planeza. Esta inspeção é realizada no armazém das instalações da Caetano Aeronautic.

Os materiais podem ser fornecidos em placas, em blocos ou em perfis, com diferentes dimensões. São utilizados frequentemente dois tipos de instrumentos de medição, sendo eles a fita-métrica ou uma régua, face às dimensões dos blocos terem como referência as unidades de medida em milímetros.

O principal controlo a efetuar é verificar que as dimensões dos materiais nunca se encontram abaixo do especificado, pois dessa forma não se cumpre com os requisitos do produto final pretendido. O limite superior é decretado pelos programadores do departamento da Engenharia, pois o mesmo depende do tipo de ferramentas e do método de maquinação a utilizar, podendo ser removida uma quantidade maior ou menor de matéria-prima.

A direção do grão é controlada, através da visualização da indicação da mesma nos materiais rececionados. Caso algum material não esteja com a direção do grão assinalada, é necessário avaliá-la e assiná-la no material. Este procedimento tem como consequência que os operadores das máquinas ferramenta coloquem os blocos de matéria-prima corretamente posicionados no interior das máquinas. As máquinas ferramenta (Torno, Fresadora, *Hot-wire*, Jato de água, Fontes de plasma, etc.) utilizam a linguagem de Controlo Numérico Computorizado (CNC) para a produção das peças. A linguagem CNC corresponde a uma forma de automação onde o equipamento é controlado através de um programa baseado em letras, números e outros símbolos, em que se utiliza um computador como unidade de controlo de uma máquina ferramenta. Desta forma, o equipamento adquire autonomia, relativamente ao operador.

A inspeção dos perfis rege-se por uma norma de referência, provida pelo cliente, sendo necessário utilizar um apalpa-folgas, e um bloco com massa de 1 kg para perfis com espessura inferior a 1 mm e um bloco de 2,2 kg para perfis com espessura superior a 1 mm. Os blocos, com as respetivas massas, são colocados espaçados de 30 centímetros e avalia-se, dessa forma, a existência de alguma folga entre o perfil e a superfície e é feita a correspondente quantificação da espessura da folga.

Em caso do material e/ou a documentação associada se encontrar não conforme, o material é colocado numa zona de quarentena e aguarda-se uma resposta do subcontratado/fornecedor até a não conformidade se encontrar concluída.

Se o material e/ou a documentação se encontrarem conformes, efetua-se o registo na plataforma SAP e valida-se a documentação comprovando a conformidade. O material é de seguida colocado no armazém a aguardar pelo lançamento de uma Ordem de Produção, à qual o material se destina.

A plataforma SAP é um *software* integrado de gestão empresarial, em que agrega todos os dados e processos da Caetano Aeronautic num único sistema.

Uma das principais utilizações do SAP, na área da Metrologia, é a requisição de material/equipamentos para o laboratório, a validação da medição, a inspeção final e a abertura de não conformidades, a peças que não cumpram com os requisitos especificados pelo cliente.

4.1.2 INSPEÇÃO NA MAQUINAÇÃO DOS COMPONENTES AERONÁUTICOS

A direção da Engenharia, da Caetano Aeronautic, encontra-se responsável por analisar e verificar todas as normas e documentação aplicável a um determinado produto de fabricação, solicitado pelo cliente. Posteriormente a esta análise, a direção da Produção, encontra-se nas condições de proceder ao lançamento de uma Ordem de Produção (OP), para o fabrico de um ou mais componentes aeronáuticos. Estes componentes aeronáuticos são distinguidos por um código único, denominado *Part Number (PN)*, sendo o mesmo associado a um local específico num avião específico.

Sempre que o departamento de Produção procede ao lançamento de uma OP para um novo *Part Number*, ou seja, para um novo produto pedido pelo cliente, a ordem de produção é denominada de Inspeção do Primeiro Artigo (FAI, do inglês *First Article Inspection*). A definição, segundo [21], para a Inspeção do Primeiro Artigo é a seguinte:

Inspeção física e funcional completa, independente e documentada que declara que os métodos produtivos permitiram a criação ou montagem de um componente, subconjunto ou conjunto de acordo com os requisitos do desenho, o planeamento, a ordem de produção, as especificações da engenharia e/ou os requisitos do cliente.

Em suma, o lançamento de uma OP FAI é um requisito obrigatório e diz respeito ao processo de validação da primeira peça produzida de um determinado PN. Certifica, todo o processo de fabrico, desde a programação da peça, documentação e normas aplicáveis, método de maquinação e verificação metrológica, até às pessoas envolvidas. O lançamento de uma OP FAI é efetuada, por norma, apenas para uma peça, com o máximo rigor e com o controlo e verificação de todas as especificações constantes nas especificações do produto.

Com a aprovação da inspeção do primeiro artigo, a CAER fica apta para a produção de exemplares originados por um processo produtivo rigorosamente igual ao aprovado, ou seja, a passagem da produção do primeiro artigo para produção em série.

As peças produzidas (FAI ou Série), para poderem entrar entrarem no laboratório de Metrologia da CAER, necessitam de conter forçosamente toda uma documentação associada, atualizada e validada, nomeadamente:

- Ordem de Produção (OP);
- Desenho Técnico;
- Instrução de Trabalho (IT);
- Instrução de Verificação (IV);
- Ordem de Produção de Corte, se aplicável;
- Documento Gráfico (DG), se aplicável;
- Lista de Partes (LP), se aplicável;
- Instrução de Fabricação (IF), se aplicável;
- Memória de Controlo, se aplicável.

Uma OP assinala o conjunto de operações para se obter o produto final, desde a receção da matéria-prima até à expedição do produto para o cliente. Na mesma, encontra-se toda a informação necessária para a correta validação do produto em todas as operações. Ou seja, especifica a ordem do percurso a seguir para a produção de cada produto, as operações a realizar, de acordo com a ordem correspondente, e a documentação ou referências necessárias para se efetuarem as mesmas.

O desenho técnico é um dos suportes fundamentais de uma OP, pois é o que representa o componente e transmite as características e dimensões do mesmo.

Segundo o autor M. Simões, o desenho técnico tem a seguinte definição [23]:

“Uma representação descritiva de objetos (reais e imaginados) destinada a transmitir informações rigorosas sobre as formas e sobre as dimensões dos objetos”.

As cotas lineares, em desenho mecânico, são sempre expressas em milímetros (mm), pelo que o símbolo desta unidade não deve figurar na cotagem [23].

Os documentos auxiliares, como o DG, LP, IF, Ordem de produção de corte e memórias de controlo, são fornecidos pelo cliente, onde estão incluídas mais algumas informações adicionais ao desenho ou algum outro requisito.

As IT são elaboradas pelo departamento de Engenharia, com o propósito de se efetuar corretamente o fabrico dos componentes, mas sobretudo para auxiliar os colaboradores nas ferramentas máquina. Esta contém, por exemplo, informações sobre o correto posicionamento dos blocos de matéria-prima na máquina, quais as ferramentas a utilizar, assim como as suas dimensões. Um exemplo deste documento é apresentado no Anexo 2 do presente relatório.

As IV são elaboradas pela equipa de Metrologia da Caetano Aeronautic, sendo a gestão das mesmas realizadas pelo departamento de Engenharia. Após a entrada de uma OP FAI no laboratório é analisado com detalhe o desenho técnico, fazendo-se uma seleção das cotas possíveis de se medirem manualmente e das que necessitam de ser obtidas com recurso às MMC. Em construção mecânica, a cota é a indicação inscrita no desenho, constituída por um valor numérico (cota básica/dimensão nominal), associado a símbolos e a anotações, destinada a definir claramente os elementos do objeto representado [23].

É ainda necessário verificar as tolerâncias a aplicar às dimensões das peças e outros requisitos (por exemplo, rugosidade), segundo as normas de referência¹.

Nas Industrializações e nas OP FAI, todas as dimensões e requisitos das peças têm de ser medidos e encontrarem-se conformes, para se avançar, seguidamente, para a produção de componentes, com o lançamento de Ordens de Produção em Série.

Nas OP Série são medidas todas as dimensões presentes na Instrução de Verificação (IV) apenas na primeira peça, e posteriormente, são controladas apenas as cotas,

¹ Por motivos de confidencialidade a mesma não se encontra referenciada.

denominadas de “caraterísticas”, nas restantes. As cotas são escolhidas segundo dois critérios: o primeiro refere-se ao tempo de medição, dando prioridade às cotas passíveis de serem medidas manualmente, sem recurso às MMC. O segundo critério refere-se a filtrar, dentro das peças medidas somente manualmente, as que podem colocar em causa, com mais probabilidade, as especificações da mesma e desprezar as demais. Estas demais referem-se à cotagem do diâmetro de furos, sem tolerâncias muito rigorosas (na ordem dos micrómetros), aos raios e ao valor da rugosidade da peça.

Apesar, da OP FAI ser validada, e por teoria dever garantir uma correta produção das peças seguintes (reprodutibilidade) em série com o mesmo *PN*, já se verificaram algumas não conformidades em peças do mesmo lote de produção, nomeadamente devido ao posicionamento incorreto dos blocos de matéria-prima, ou por falhas de comunicação entre os colaboradores nas mudanças de turno.

Acrescenta-se ainda, que exclusivamente para as ordens de produção FAI, pode ser anexado um novo documento, designado de Relatório FAI. Este documento é o resultado impresso da medição na MMC e encontra-se um exemplo do mesmo no Anexo 4.

Neste documento foram efetuadas algumas alterações, nomeadamente foram acrescentados mais alguns campos, como o número do EMM, a Data, o Operador e foi aconselhado tirar-se uma fotografia ao posicionamento da peça na máquina, para no futuro não surgirem dúvidas, caso o operador se encontre ausente do laboratório ou outro colaborador necessite de realizar uma nova medição do componente.

4.1.2.1 ORDEM DE PRODUÇÃO

Uma OP pode ser composta por várias páginas, conforme o número de operações a serem efetuadas na mesma. A Figura 22 pretende exemplificar a primeira página de uma OP FAI.



CAETANO AERONAUTIC
GRUPO SALVADOR CAETANO

Ordem de Produção

Número da ordem
7100001434

A) 

F. A. I.

Material/Nível de revisão 200000898/A	Material CAER B)	Tipo de ordem PPA1 Ordem Produção Metálicos	Quantidade da ordem 2 UN
Denominação do produto		Início 27.10.2014	Fim 27.10.2014
Cliente		Número de reserva 8103273462	Data de criação 14.10.2014
Material Cliente		Designação Material Cliente	
Números de série 7100001434-001 7100001434-002			
Atributos		C)	
Identificável	Não		
Intercambiável	Sim		
Classe de Segurança I	Não		
Seriável	Não		
Substituível	Não		
Documentação Aplicável		D)	
Documento		Versão	
		11	
		06	
		36	
		03	
		04	
		03	
		02	
		05	
		06	
		1	
		1	
		1	
		A	
		00	
		00	
		E7	
		00	
		00	
		E	
		G	
		E	
		C	

CA905.02

Página: 001/014

Figura 22 – Exemplo da primeira página do documento Ordem de Produção.
Adaptado de [22].

Na secção A) é possível verificar o número correspondente da ordem de produção. Ao lançamento de cada OP é atribuído um número de dez dígitos, iniciado por 71, gerado sequencialmente através da plataforma SAP.

A secção B) possui informação sobre os dados de lançamento da OP, nomeadamente o material atribuído pela CAER para a produção das peças, a denominação do produto que contém o *Part Number* (PN) e a designação atribuída pelo cliente, o nome do cliente, a quantidade de unidades a que corresponde a OP e as datas de início e final de fabrico.

Na secção C), visualiza-se os atributos das peças a serem produzidas. Os atributos dizem respeito a classes particulares que as peças possam ter, desde logo, serem identificáveis, intercambiáveis, de classe de segurança I, seriáveis ou substituíveis. A designação destes atributos será abordada no ponto referente ao desenho técnico (4.1.2.2

DESENHO TÉCNICO).

A última secção, a D), intitulada de Lista Técnica, diz respeito a toda a documentação aplicável. Nela estão contidas as normas intrínsecas à Ordem de Produção e posteriores operações a serem efetuadas nas peças, para cada *Part Number*. A Lista Técnica contém também os documentos que devem obrigatoriamente acompanhar a OP. Toda a documentação associada inclui a respetiva versão de revisão atualizada.

Nas páginas seguintes da OP são estruturadas as operações necessárias à produção das peças, desde a inicial (Oper. 0010 – Condições de Entrega) à operação final (Oper. 0170 – Embalagem e armazém).

A Figura 23 evidencia a estrutura das operações, podendo variar a quantidade das mesmas, de acordo com os requisitos do cliente.



CAETANO AERONAUTIC
GRUPO SALVADOR CAETANO

Número da ordem

7100001434



Ordem de Produção

Material Cliente	Designação Material Cliente
------------------	-----------------------------

Oper. 0010 Seq. 0 E)				
Cen.trabalho	Descrição	Inic.	Fim	Tempo Previsto
	CONDIÇÕES DE ENTREGA	27.10.2014	27.10.2014	0,00

FABRICAR SEGUNDO DESENHO, LISTA DE PARTES, MODELO E IF.

+Preencher os espaços relativos a apenas um dos idiomas.
+Operação a título informativo; carimbo não requerido.

SHIPPING CONDITIONS

MANUFACTURE ACCORDING TO DRAWING, PARTS LIST, MODEL AND IF.

+Fill in the blanks related to one language only.
+Informative operation only; stamp not required.

Nº Confirmação 0000626683	Carimbo
------------------------------	---------

Oper. 0020 Seq. 0 F)				
Cen.trabalho	Descrição	Inic.	Fim	Tempo Previsto
LOG0001	APROVISIONAMENTO MATERIAL	27.10.2014	27.10.2014	0,00 MIN

Aprovisionar material indicado na lista de componentes abaixo.

MATERIAL DELIVERY

Deliver the material indicated in the components list below.

Nº Confirmação 0000626684	Carimbo
------------------------------	-------------

Componentes p/operação 0020 Seq. 0				
Nº item	Material	Nº Série	Lote	Qtd.
0001	200000839 FORM 7050T7451PLA16-395-120 GD395		100001107	2UN

Oper. 0030 Seq. 0 G)				
Cen.trabalho	Descrição	Inic.	Fim	Tempo Previsto
CNC0001	FRESAGEM	27.10.2014	27.10.2014	60,00 MIN

Figura 23 – Exemplo da segunda página, do documento de ordem de produção.
Adaptado de [22].

A operação na seção E) corresponde às condições de entrega, identificando sempre que necessário, alterações a inserir no processo de produção, por indicação do cliente. A operação F) diz respeito ao provisionamento do material, efetuado e validado por um colaborador do departamento da logística. Este tem como principal função indicar o lote de matéria-prima, a ordem de corte do material, se aplicável, e de fornecer a mesma ao departamento da produção. Por fim, a seção G) diz respeito à operação de fresagem. Esta é validada pelo operador que se encontra na máquina, responsável pela produção das peças. Nesta fase do processo de produção, o mesmo operador valida igualmente, a Instrução de Trabalho que contém todos os parâmetros de maquinação necessários para a produção das peças.

Oper. 0050		Seq. 0		
Cen.trabalho	Descrição	Inic.	Fim	Tempo Previsto
CMM0001	VERIFICAÇÃO DIMENSIONAL INTERNA	27.10.2014	27.10.2014	13,00 MIN
<p>Verificar A-A-B-G-X segundo CASA-1179. Verificar segundo IV aplicável.</p> <p>Verificar cotas de intercambiabilidade segundo a MC.</p> <p>**ATENÇÃO** O manuseamento das peças deve ser efetuado com luvas.</p> <p>Em caso de não conformidade, apontar:</p> <p>UNIDADES CONSTRUTIVAS NÃO CONFORMES RELATÓRIO NÃO CONFORMIDADE</p> <p>-----</p> <p>INTERNAL DIMENSIONAL VERIFICATION</p> <p>Verify A-A-B-G-X according CASA-1179. Verify according to applicable verification instruction.</p> <p>Verify interchangeability dimensions according MC.</p> <p>**ATTENTION** Parts must be handled with gloves.</p> <p>In case of non conformity, register:</p> <p>NON CONFORMING UNITS NON CONFORMITY REPORT 001,002 20000845</p>				
Nº Confirmação 0000626687		Carimbo 		

Figura 24 – Operação CMM001, para a verificação dimensional interna.
Adaptado de [22].

A Figura 24 contém a operação 0050, que diz respeito ao laboratório de Metrologia, denominado Centro de trabalho *CMM0001*, e tem como descrição: *Verificação Dimensional Interna*. Esta operação menciona as categorias e tarefas de verificação, indicadas pela *Airbus Military*. Analisando a Figura 24 observa-se a seguinte indicação: *Verificar A-A-B-G-X segundo CASA-1179*. A *CASA 1179* é um procedimento da *Airbus Military* referente às categorias das operações de verificação para assegurar a qualidade

esperada do produto, assim como as tarefas de verificação a serem completadas pelos verificadores no processo de fabricação. Existem dois tipos de categorias:

- **Categoria A:** Esta categoria inclui todas as operações de controlo que, como um grupo e individualmente, asseguraram a qualidade do produto acabado, controlam as operações de transformação final, por medição das características de qualidade de categoria B e outras indefinidas. Estas operações de controlo podem ser explicitamente declaradas numa ordem de trabalho ou mencionadas num documento específico de inspeção: Instrução de Verificação (IV), Instrução de Trabalho (IT), entre outras. As inspeções finais são sempre classificadas como categoria A.
- **Categoria B** – Esta categoria inclui as verificações de produção após as operações intermediárias com baixas probabilidades de defeito, ou seja, é uma verificação preventiva devendo seguir critérios de rentabilidade de operabilidade no processo de produção.

Analisando com mais detalhe a nomenclatura *A-A-B-G-X*, encontrada na Figura 24, verifica-se que o primeiro carater menciona a aplicação da categoria A, referindo que a mesma é obrigatória a todos os centros de trabalho (sendo a categoria B facultativa). O significado da nomenclatura utilizada é a seguinte:

A – Verificação das características de qualidade, de acordo com o desenho, padrão, etc., indicando o documento correspondente.

B – Verificação das características de qualidade de acordo com as indicações de uma IV específica.

G - Identificação do componente de acordo com a Ordem de Produção, verificação da documentação, aparência visual exterior (em termos de impactos, marcas, arranhões, etc.), com peso e/ou a conclusão da folha de pesagem, se for o caso, e preparação para o armazenamento. Se o armazenamento exige uma preparação específica, este será indicado no desenho e refletido na diretriz.

X – Inspeção obrigatória realizada por pessoal de verificação.

Existem duas classes relativas às operações de controlo, nomeadamente classe A e B. As operações de classe A são impreteríveis e permitem confirmar a qualidade do produto acabado, surgindo depois de uma operação de mecanização. As de classe B são consideradas opcionais, podendo ser vistas como de prevenção. 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 da plataforma SAP um número de relatório de não conformidade. Este número é utilizado para preencher o campo destinado às “Unidades construtivas não conformes” e “Relatório não conformidade”, evidenciado na Figura anterior. Tal como nas operações anteriores, o documento é carimbado nesta operação e é necessário indicar a quantidade de peças aprovadas. Neste caso o número de peças aprovadas são zero, face às mesmas se encontrarem não conformes, sendo o número do relatório criado na plataforma SAP o “200000845”.

Sempre que o número total de peças não conformes detetadas na operação 0050, correspondente ao número total de peças da ordem de produção, é necessário rasurar as páginas seguintes da ordem de produção.

Dentro das restantes operações a realizar-se à Ordem de Produção 7100001434 incluem-se as seguintes operações:

- Operação 0060 – Embalagem e Envio a Subcontratado;
- Operação 0070 – Realização de Operações Subcontratado:
 - Operação 0080 – Comprovação dureza e condutividade;
 - Operação 0090 – Preparação prévia de líquidos penetrantes;
 - Operação 0100 – Líquidos penetrantes;
 - Operação 0110 – Anodizado tartárico-sulfúrico;
 - Operação 0120 – Aplicar primário;

- Operação 0125 – Mascarar;
 - Operação 0130 – Pintura;
 - Operação 0135 – Remover mascarado;
 - Operação 0140 – Inspeção final;
 - Operação 0150 – Marcação permanente com tinta;
 - Operação 0160 – Embalagem e envio à CAER.
- Operação 0170 – Embalagem e armazém.

O objetivo de se proceder à realização destas operações no subcontratado advém do facto de não se realizarem as mesmas nas instalações da Caetano Aeronautic.

Após o regresso dos componentes aeronáuticos do subcontratado à CAER, os colaboradores do Laboratório de Metrologia do QAS efetuam a operação de Inspeção Final. Esta operação não constava nas Ordens de Produção, contudo, o elemento responsável por esta operação carimbava e colocava a data e a quantidade de peças verificadas, junto da operação de Embalagem e armazém. Foi proposto, à equipa de Metrologia, reportar a observação de se colocar a operação referente à Inspeção Final, na Ordem de Produção. A equipa entrou em contacto com o departamento de Engenharia, sendo posteriormente acrescentada a mesma no *template* das OP, sendo a operação denominada de *Inspeção Final Interna*.

A verificação final, dos componentes, tem como fundamento avaliar se os mesmos se encontram com alguns defeitos visuais, nomeadamente a ausência de pintura ou outros danos (golpes, saliências e depressões). De acordo com a referência normativa², que define os parâmetros para inspeção 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-se verificar também se a identificação da peça e se a pintura foram efetuadas corretamente.

4.1.2.2 DESENHO TÉCNICO

No desenho técnico são utilizadas simplificações na representação que melhoram muito a clareza e a rapidez de execução do desenho. Para tal, foram estabelecidas normas de uso internacional, que tornaram o desenho técnico uma linguagem universal [23].

² Por motivos de confidencialidade a mesma não se encontra referenciada.

- 1) Área gráfica, onde se situa o desenho do componente (na maioria dos componentes é definida a cotação do mesmo);
- 2) Zona de modificações/revisões, que contém a data e a edição de evolução do desenho;
- 3) Zona de notas, como por exemplo, cor da pintura, ajuste de arestas, acabamentos ou tratamentos superficiais;
- 4) Zona de identificação, que contém as principais características do componente, as normas referentes à inspeção do componente, e a designação do componente, com o *Part Number* do mesmo.

A Figura 26 representa as 4 zonas mencionadas anteriormente.

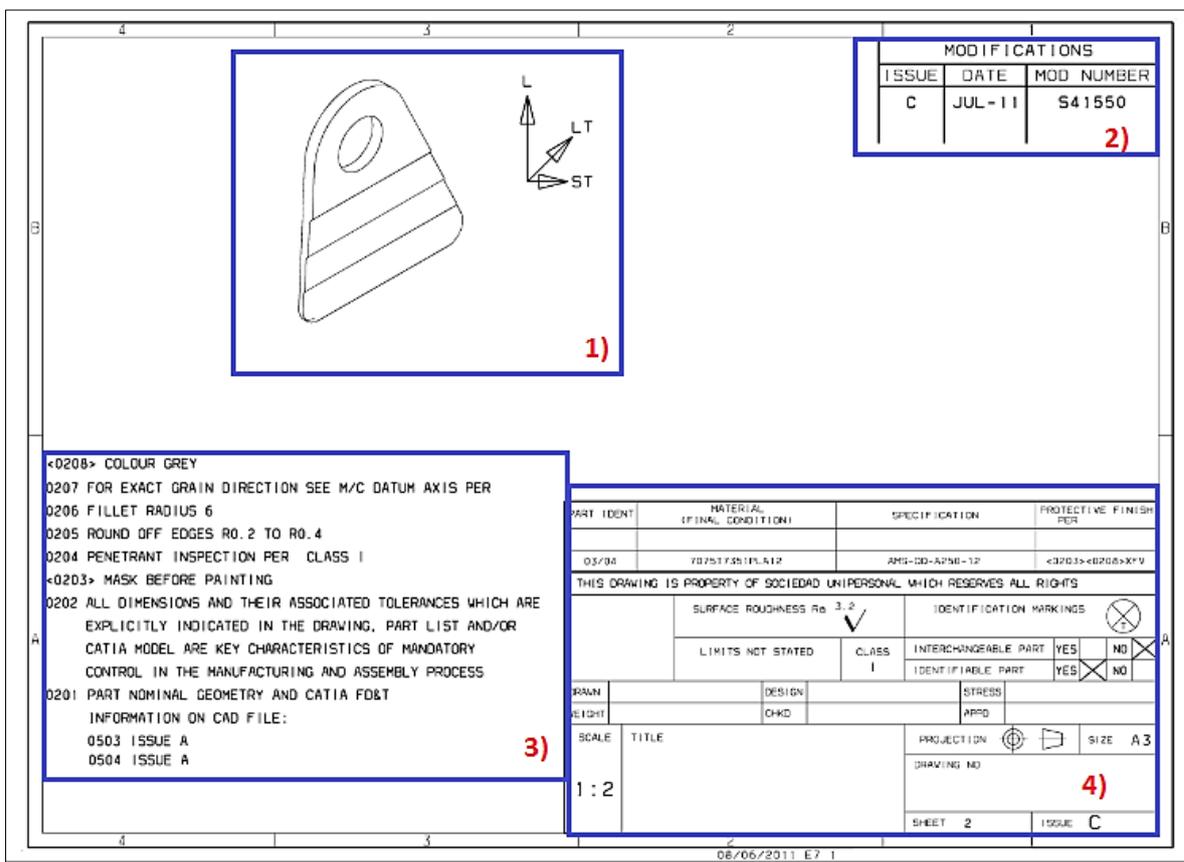


Figura 26 – Exemplo de um desenho de um componente aeronáutico. Adaptado de um desenho fornecido pelo cliente.

Todas as 4 zonas têm que ser tidas em consideração na análise pela equipa de Metrologia, investigando a sua utilização nas operações inerentes a cada fase de produção do componente. As mesmas posteriormente serão descritas para serem efetuadas na correspondente OP, IT e IV. A zona 4 é a que identifica as principais características que

resultam dos atributos e normas aplicáveis às peças. A Figura 27 numera os diferentes campos, correspondentes à zona de identificação do desenho.

PART IDENT	MATERIAL (FINAL CONDITION)	SPECIFICATION	PROTECTIVE FINISH PER
1)	2)	3)	4)
03/04	7075T7351PLA12	AMS-QQ-A250-12	<0203><0208>XFV
THIS DRAWING IS PROPERTY OF SOCIEDAD UNIPERSONAL WHICH RESERVES ALL RIGHTS			
SURFACE ROUGHNESS Ra 3.2 ✓ 5)		IDENTIFICATION MARKINGS 6) 	
LIMITS NOT STATED 7)		CLASS I 8)	INTERCHANGEABLE PART YES NO <input checked="" type="checkbox"/>
			IDENTIFIABLE PART 9) YES <input checked="" type="checkbox"/> NO
DRAWN	DESIGN	STRESS	
WEIGHT	CHKD 10)	APPD	
SCALE 11) 1 : 2	TITLE 12)		PROJECTION   13) SIZE A3
			DRAWING NO 14)
			SHEET 2 15) ISSUE C

Figura 27 – Campos presentes, na Zona de Identificação do desenho de um componente aeronáutico. Adaptado de um desenho fornecido pelo cliente.

Em 1) surge o campo representativo da identificação da peça, que segundo a norma de referência³, pode variar entre números pares (00 a 98) e ímpares (01 a 99), fazendo alusão se o desenho se aplica unicamente a uma peça (números pares) ou à sua simétrica (números ímpares). O elemento 2) indica o número de material com o qual a peça vai ser produzida, incluindo o tipo de tratamento térmico, sendo o elemento 3) associado às especificações da peça. O campo 4) identifica o tipo de tratamento superficial a ser efetuado à peça, de acordo com uma norma de referência⁴. Estes tratamentos têm como objetivo tornar a peça mais resistente à corrosão e evitar a condutividade elétrica.

O elemento 5) corresponde ao valor para a rugosidade da superfície, após a maquinação da mesma, sendo medida em micrómetros (μm). O campo 6) identifica a marcação e o tipo de marcação a ser colocado na peça. O tipo de marcação presente, com a letra “T” no seu símbolo é a mais recorrente nos desenhos. É um tipo de marcação permanente, aplicável preferencialmente sobre peças com proteção superficial, que requer que a superfície da peça se encontre perfeitamente limpa. Após a marcação deve

³ Por motivos de confidencialidade a mesma não se encontra referenciada.

⁴ Por motivos de confidencialidade a mesma não se encontra referenciada.

proteger-se a mesma com verniz. O local de marcação é identificado na área gráfica do desenho ou noutro documento identificável, como Instruções de Fabricação.

O campo 7) menciona a norma⁵ aplicada, sendo consultada quando tolerâncias dos nominais não acompanhem a cotagem na zona 1 (Figura 26). Os elementos 8) e 9) identificam os principais atributos de um componente aeronáutico. O 8) identifica se a peça é de Classe de Segurança. Se a mesma for é apresentada a letra grega “I”, sendo apresentado um hífen, caso a mesma não seja. Na Figura 27, verifica-se que a peça é de Classe de Segurança I, e no campo 9) que a mesma é identificável mas não é intercambiável. As definições destes atributos, que se encontram presentes quer na Ordem de Produção, quer na Instrução de Verificação são as seguintes:

- **Classe de Segurança I** – elementos da estrutura primária ou secundária do avião que possuem elevada responsabilidade estrutural, ou seja, cuja falha poderia resultar em graves danos para os ocupantes ou no colapso catastrófico do avião. As peças cujo custo de reposição ou reparação é muito elevado e requerem um controlo especial são também consideradas de Classe de Segurança I. No caso de uma peça ser de Classe de Segurança I, deve ser inspecionada unitariamente em todos os controlos estabelecidos.
- **Peça identificável** – peça para a qual é obrigatório evidenciar o seu historial de fabricação, identificar a matéria-prima que a origina, bem como o conjunto ou avião no qual será montada, ou seja, a peça deve ser rastreável. Deve-se assegurar a sua identificação individual durante todo o processo.
- **Rastreabilidade** - possibilidade de identificar a origem de um produto e de reconstituir o seu percurso desde a matéria-prima até à distribuição a fornecedores e/ou cliente final.
- **Número de série** – número individual e irrepetível que assegura a rastreabilidade da peça.
- **Peça seriável** – peça que para além do seu próprio número está identificada por um número de série.
- **Peça intercambiável** – peça que se prevê que venha a ser substituída ao longo da vida do avião, devido ao seu uso ou desgaste. Todos os componentes

⁵ Por motivos de confidencialidade a mesma não se encontra referenciada.

intercambiáveis têm de ser acompanhados por um documento denominado Memória de controlo. Neste documento são reconhecidos os meios de comprovação necessários para garantir toda a intercambiabilidade.

A zona 10) identifica os vários autores responsáveis pela análise das características e elaboração do componente, sendo apresentada na zona 11) a escala do desenho e na 13) a projeção e o tamanho do desenho, sendo estes, na sua grande maioria, em tamanho A3.

O campo 12) indica a designação atribuída ao componente, sendo o 14) o *Part Number* do mesmo. Por fim, a zona 15) indica a folha e a revisão/edição do desenho, sendo algo a ter em conta na realização de IV, de forma a não se utilizar desenhos já obsoletos.

4.1.2.3 INSTRUÇÃO DE VERIFICAÇÃO

A Instrução de Verificação (IV) é um documento obrigatório, e que deve acompanhar a inspeção de todos os componentes, de acordo com os requisitos da inspeção da indústria aeronáutica. Este documento tem como objetivos a inspeção visual e dimensional da peça. Nela devem constar as cotas características a controlar, segundo o cliente ou as definidas internamente, os meios de controlo e as tolerâncias aplicáveis. A IV é realizada pela equipa de Metrologia, sendo necessária uma consulta ao desenho da peça, para verificação das cotas, das normas aplicáveis e posterior consulta da mesma. São definidas, preferencialmente as cotas possíveis de serem medidas manualmente (sem recurso à MMC), sendo as principais controladas na Instrução de Verificação. Os meios de controlo referem-se aos equipamentos a controlar, os quais devem ser identificados pelo número interno de equipamento.

No Primeiro Artigo Inspeccionado (FAI), assim como, na Inspeção Série, todas as peças são medidas. No Primeiro Artigo Inspeccionado todas as peças são medidas a 100%, enquanto que na Inspeção Série, são medidas apenas as cotas referidas na IV, ou seja, as cotas características. Estas cotas são constituídas essencialmente pelos seguintes tipos: espessuras, distâncias entre furos e entre furos e paredes, assim como algumas cotas lineares. Coloca-se ainda o controlo dos raios, para verificação correta das ferramentas na maquinação das peças, assim como da rugosidade (parâmetro Ra), sendo um requisito presente nos desenhos das peças.

No âmbito do estágio foi possível elaborar IVs. Contudo, à medida que se realizavam novas IVs e o envolvimento neste processo era maior, surgiu a necessidade

de propor alterações ao modelo da mesma. A versão do documento encontrava-se inicialmente na versão 00. Durante o período do estágio este documento evoluiu até à versão 02. A Tabela 1 apresenta as principais alterações da versão 01 face à 02.

Tabela 1 – Alterações da versão 01 face à 02.

Evolução da Versão 00 para 01	Evolução da Versão 01 para 02
Reordenação do campo <i>Elaborado por</i> e <i>Aprovado por</i> ;	Alteração da realização em <i>Microsoft Excel</i> para <i>Word</i> (maior flexibilidade de gestão e estrutura da informação);
Introdução de novos campos (Número da OP e da peça medida);	Novos campos adicionados: <ol style="list-style-type: none"> 1. Campos em diferentes unidades; 2. Indicação das tolerâncias aplicadas nos valores nominais;
Redefinição das fases de medição (Separação e criação);	Tradução da IV para Inglês;
Criação da coluna “Resultado” nas fases de medição e introdução da numeração das cotas nas tabelas de medição;	Descrição mais detalhada/pormenorizada das características a controlar, do produto não conforme e da documentação aplicável;
Criação de anexo com desenho da peça;	Separação das características a controlar, por tipo de cota;
	Introdução de desenho das características a controlar, do número do EMM utilizado na operação correspondente ao tipo de cota;
	Validação de cada operação através de carimbo do operador;
	Introdução da operação “Verificação da Temperatura e Humidade Relativa” do laboratório de medição.

No Anexo 3 é possível visualizar as principais diferenças entre as versões dos modelos das IVs. Tal como na primeira página da Ordem de Produção, é necessário identificar na primeira página da Instrução de Verificação os atributos associados a cada componente aeronáutico.

Dentro dos 5 já mencionados os três mais relevantes e aplicados durante o período de estágio foram os seguintes:

- Componentes com Classe de Segurança I;
- Componentes Intercambiáveis;
- Componentes Identificáveis

4.1.3 INSPEÇÃO FINAL

A Inspeção Final foi uma operação analisada durante o último mês de estágio, tendo resultado a sugestão de algumas propostas de alteração que posteriormente foram aceites. A realização desta operação passou a ser efetuada no interior de Laboratório de Metrologia, em substituição de uma pequena sala junto do armazém de matéria-prima/expedição, sendo analisada com mais detalhe e rigor pela equipa de Metrologia.

Uma das perguntas que surge nesta etapa é a seguinte:

Uma peça que tenha todas as suas cotas dentro das tolerâncias encontra-se conforme?

A experiência adquirida, permitiu concluir que não podemos assegurar a conformidade, sem conhecermos o histórico da peça e se proceder à sua análise fisicamente.

A Inspeção Final pode ser dividida em duas análises, conforme a Figura 28.

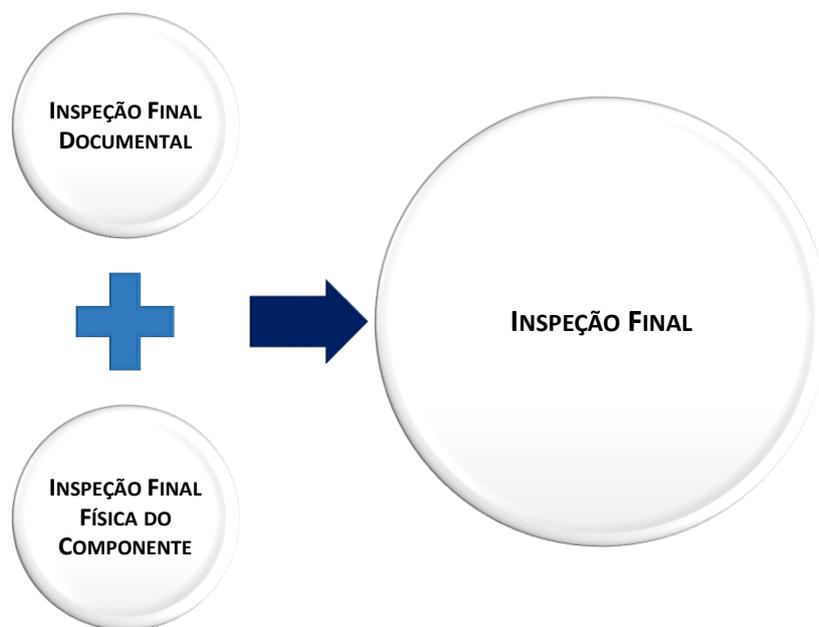


Figura 28 – Representação da Inspeção Final.

Esta inspeção requer que seja analisada todas as operações realizadas pelo subcontratado, quer na Ordem de Produção (OP) da Caetano Aeronautic (CAER), quer fisicamente na peça. As operações a verificar foram anteriormente referidas no ponto

4.1.2.1 ORDEM DE PRODUÇÃO. É da responsabilidade da equipa de Metrologia verificar se todas as operações foram realizadas e se se encontram carimbadas na OP. Em alguns casos foi necessário digitalizar e enviar as páginas sem os carimbos, para as entidades subcontratadas para colocação do mesmo. Quando a documentação regressa à CAER é ainda acrescentado o *Certificate Of Conformity* (COC) do fornecedor, garantido que as operações realizadas se encontram em conformidade e que cumprem com todos os requisitos. A Figura 29 mostra as diferenças entre uma peça pós maquinada e pós tratamentos no subcontratado.

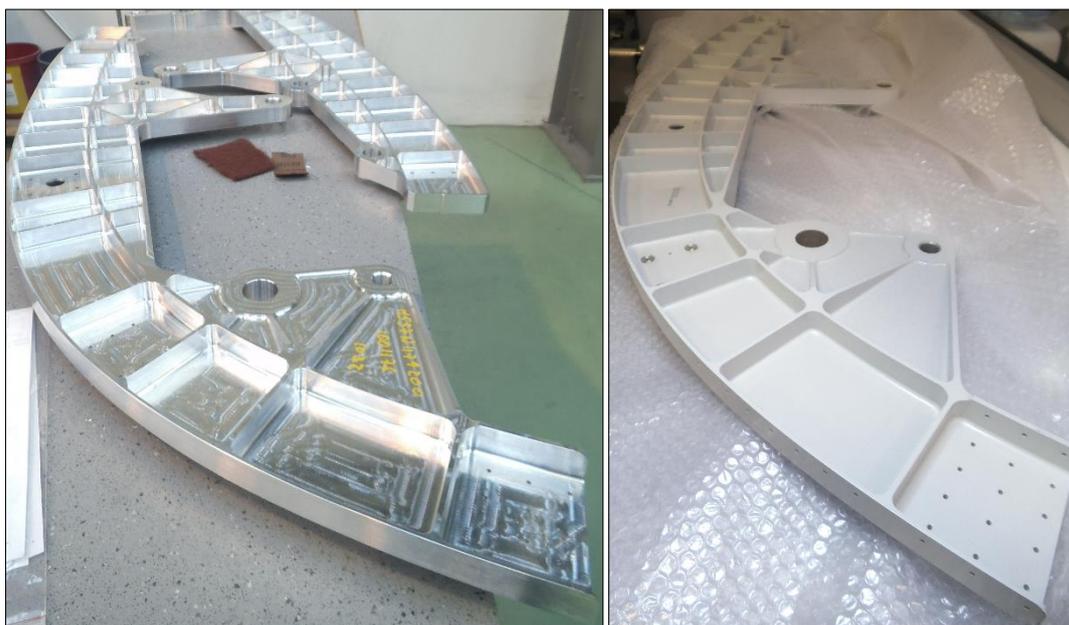


Figura 29 – Peça antes e depois dos tratamentos no subcontratado.

Nas peças em que são requisito obrigatório a realização do anodizado tartárico-sulfúrico e a operação de aplicação de primário/pintura, é necessário o operador responsável anotar as horas de início e fim das operações. Estes campos são necessários pois, as atividades de aplicação de primário ou pintura deverão acontecer no máximo 24 horas após as operações de anodização, sendo um requisito da norma⁶ de referência.

É ainda necessário confirmar se toda a restante documentação se encontra devidamente preenchida e carimbada, entre os quais a IV, IT, IF, Desenhos, LP, entre outros, pelos colaboradores da Caetano Aeronautic.

Após a verificação da documentação, a equipa realiza a inspeção física aos componentes. Esta verificação requer a consulta da OP e do desenho da peça (ou a IF, se aplicável). Na OP iremos verificar se foi pedido a realização da Operação – *Marcação*

⁶ Por motivos de confidencialidade a mesma não se encontra referenciada.

Permanente com Tinta. Se a mesma se encontra realizada, está contida na OP a informação relevante para a sua execução. Por norma, os campos na marcação da peça incluem na primeira linha o PN e o número da OP da CAER, e na segunda linha a revisão do desenho, um código de 5 dígitos que identifica a entidade CAER e a data e carimbo do verificador, separados por espaços.

É necessário confirmar se os dados presentes na marcação física na peça se encontram completos e se se encontram corretos de acordo com o registado na Ordem de Produção. Durante a inspeção realizada durante o mês de março, verificou-se que, em algumas peças, o número da OP se encontrava na segunda linha e noutras que a revisão do desenho não se encontrava presente, tendo sido necessário entrar em contacto, por mensagem eletrónica, com o a entidade subcontratada e comunicar-lhe para ter em atenção a realização da mesma, numa futura marcação. Após esta análise inicial verifica-se se o local da marcação se encontra correto. O local de marcação, por norma, encontra-se no desenho técnico do componente, contudo o mesmo pode estar presente em Instruções de Fabricação (IF). É necessário ter em atenção as peças simétricas dos desenhos que apresentam a peça na vista normal, pois o local da marcação pode ser diferente.

Posteriormente, são verificados nos componentes, se existem zonas com falhas ou excessos de tinta, golpes ou outras marcas, e por vezes também a existência de *zonas de massa*. Para esta fase, obteve-se acompanhamento por parte de um colaborador homologado pela Airbus *Military*.

Na Figura 30 é possível observar alguns exemplos de zonas a ter em atenção. Na Figura 30 (a) visualiza-se as *zonas de massa*. Estas zonas são definidas no desenho da peça, sendo necessário verificar se os furos são os devidos e se se encontram realizados com o diâmetro correto. A Figura 30 (b) mostra um defeito provocado por um dano, provavelmente ocorrido durante o transporte da peça, devido ao acondicionamento e proteção insuficientes do componente. Por fim a Figura 30 (c) mostra um defeito junto de um furo. O furo em questão é um furo com tolerância H7, sendo que nestes furos sempre que existirem chanfros, os mesmos nunca são pintados, ao contrário do que foi realizado pela entidade subcontratada.

Através do método demonstrativo, durante o estágio foram adquiridos conhecimentos para efetuar a marcação, nos componentes aeronáuticos e posterior aplicação do verniz. Foi sugerida uma utilização de régua de plástico para remoção de excesso de tinta de forma a não riscar as peças, sugestão essa que foi aceite.

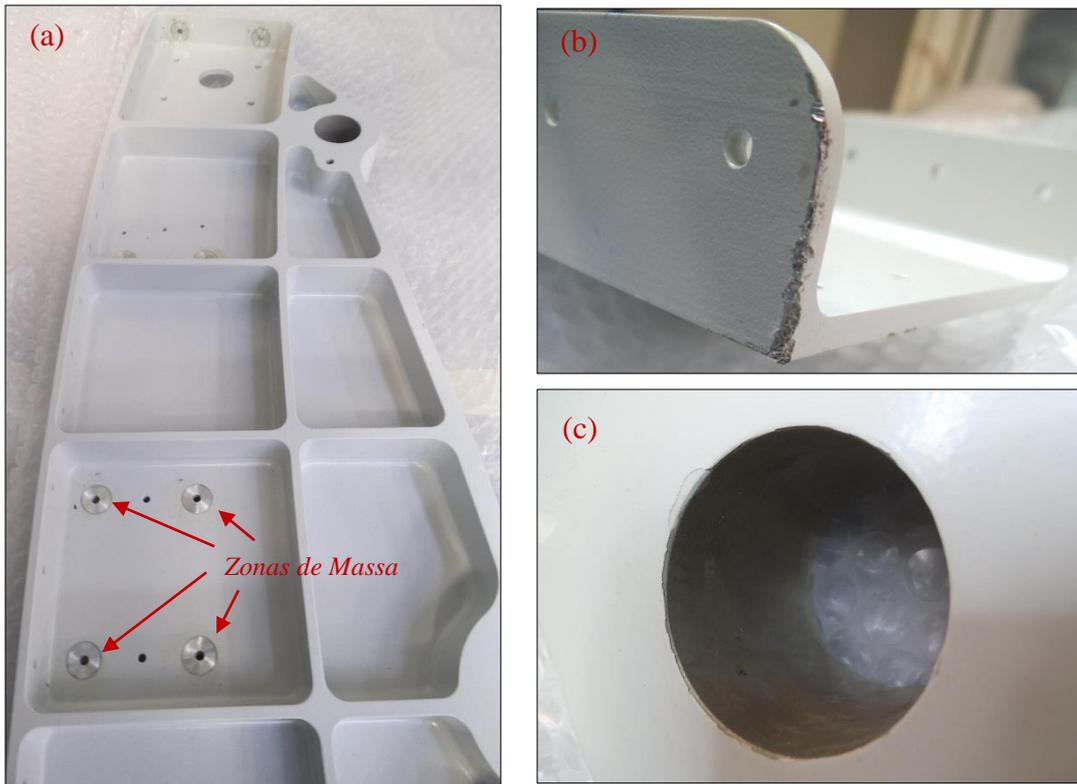


Figura 30 – Zonas a ter em atenção em peças, na Inspeção Final.

No que se refere a danos ou falhas de pintura, o verificador homologado demonstrou a forma de proceder em caso de ter-se que colmatar as mesmas. É necessário sempre limpar a zona afetada e em caso de utilização da tinta é necessário misturar uma quantidade de catalisador com a tinta para a peça. Na Figura 31 é possível visualizar a pintura de uma peça que continha falhas de pintura, assim como a marcação permanente de identificação na peça.



Figura 31 – Pintura e verificação da marcação na Inspeção Final.

De salientar que em casos de golpes ou em retrabalho sob os mesmos é necessário passar *Alodine* sempre que o alumínio da peça fica visível. Um verificador só está habilitado a realizar esta operação se a zona afetada não exceder em 5% a zona total da superfície da peça, segundo a norma⁷ de referência e a operação tem de ser realizada por um verificador homologado.

Durante o período de estágio foi possível concluir que na Inspeção Final um dos melhores métodos a seguir é analisar inicialmente toda a documentação e validar todas as operações efetuadas às peças. Posteriormente, dever-se-á proceder à colocação de todas as peças de forma ordenada na bancada de trabalho (exemplo da Figura 32), confirmando-se de imediato a quantidade de peças, se são todas idênticas e se se encontram com a marcação no local correto. Por fim, deverá ser feita a verificação de uma das peças segundo a sua documentação aplicável.



Figura 32 – Peças ordenadas na bancada de trabalho para realização da Inspeção Final.

4.2 GESTÃO DE EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

Segundo a norma NP EN ISO 9001, a certificação de um sistema de gestão, envolve a avaliação da empresa em diversas áreas, nomeadamente a dos instrumentos de medição e a gestão da qualidade, as quais estão relacionadas com a área específica da Metrologia na Caetano Aeronautic.

De acordo com a norma NP EN ISO 9000:2005 [24], os Equipamentos de Monitorização e Medição (EMM), são definidos por “Instrumentos de medição, *software*, padrões de medição, materiais de referência ou aparelhos auxiliares ou uma combinação desses elementos, necessários à realização de um processo de medição”.

⁷ Por motivos de confidencialidade a mesma não se encontra referenciada.

O ponto 7.6 da norma NP EN ISO 9001:2008, Controlo do equipamento de monitorização e de medição, referencia que as organizações devem:

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

Em relação ao assegurar resultados válidos, o equipamento de medição deve:

- Ser calibrado ou verificado, ou ambos, em intervalos especificados ou antes da utilização, face a padrões de medição rastreáveis;
- Ser protegido de danos e deterioração durante o manuseamento, manutenção e armazenagem;
- Ter identificação, por forma de terminar o estado de verificação/calibração;
- Estarem acondicionados e protegidos da deterioração resultante do manuseamento e armazenagem;
- Ser ajustado ou reajustado quando necessário.

Face à Caetano Aeronautic S.A, dispor de um sistema de gestão da qualidade conforme com a norma NP EN ISO 9100:2009, para a atividade de produção mediante maquinado, e montagem de componentes metálicos para o sector aeroespacial, possui procedimentos adequados a esta área. Entre eles, existe um procedimento⁸ para “Intervalos de calibração para instrumentos de medição”. Este procedimento tem como principal objetivo “determinar o intervalo de calibração que se deve aplicar a cada instrumento de medição de forma a conferir a validação das características que vão definir a conformidade com os requisitos de qualidade ou a segurança do produto.”

Num exemplo prático, este procedimento recomenda a calibração de um micrómetro de interiores/exteriores num intervalo de 12 meses, de um paquímetro e rugosímetro em 24 meses e de uma mesa de granito em 60 meses.

A utilização de equipamentos e de técnicas (processos) adequados, na medição de determinada grandeza, em conformidade com as condições estabelecidas por norma e/ou

⁸ Por motivos de confidencialidade o mesmo não se encontra referenciado.

especificação ou orientação do fabricante, é fundamental para garantir a confiança nos resultados obtidos e para o cumprimento dos objetivos pretendidos.

O conhecimento das principais características de um equipamento de medição permite avaliar a sua qualidade, selecionar o equipamento mais adequado para a medição de uma grandeza em determinada peça e otimizar a sua utilização. [10] Dentro das características principais destacam-se:

- Escala de Medição (capacidade);
- Incremento de Escala;
- Gama de Medição;
- Resolução;
- Sensibilidade;
- Exatidão;
- Precisão.

A Escala de Medição corresponde ao intervalo compreendido entre o menor e o maior valor que o indicador pode apresentar como leitura de medição.

O Incremento de Escala, num sistema de leitura analógico, corresponde ao valor nominal de variação de leitura entre dois traços adjacentes. As leituras são realizadas com recurso à posição relativa entre dois elementos de referência, por exemplo, um ponteiro em relação a uma escala e uma escala em relação a outra adjacente. Já num sistema de leitura digital, corresponde à variação mínima do último dígito. Esta variação nem sempre corresponde à unidade, ou seja, pode ser de 0,002 mm ou de 0,05 mm.

A Gama de Medição corresponde ao conjunto de valores da mensuranda, para os quais o erro do equipamento de medição é supostamente mantido entre determinados limites. A Gama de Medição é, no máximo, igual à Escala de Medição.

A Resolução corresponde à capacidade de leitura da escala (ou conjunto de escalas) do instrumento de medição.

A Sensibilidade é expressa pela sua ampliação, ou seja, por exemplo, se num dado equipamento cada divisão medir 3 mm e essa divisão corresponder a um valor de 0,01 mm, a Sensibilidade é dada pelo quociente $3:0,01=300$. Isto significa que amplia 300 vezes.

A Exatidão do equipamento, corresponde à diferença entre a medida lida e a medida real da peça, ou seja, quanto menor for a variação ou Erro Absoluto (EA) mais exato é o resultado da medição.

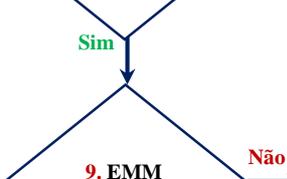
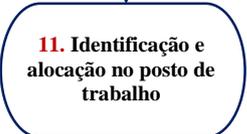
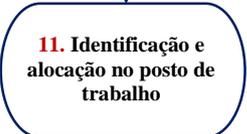
Por sua vez, a Precisão corresponde à reprodutibilidade dos resultados das medições de um dado valor duma grandeza, ou seja, quando menor for a dispersão (desvio-padrão), maior será a precisão do instrumento.

No que diz respeito à aquisição de novos equipamentos, existe atualmente na CAER um procedimento interno, denominado *Gestão de Equipamentos de Monitorização e Medição*. Este tem como objetivos:

1. Garantir uma correta seleção de equipamentos de Monitorização e Medição;
2. 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;
3. Descrever o procedimento a tomar na necessidade de reparação do EMM.

Algumas das 7 características anteriormente mencionadas, têm um peso na avaliação da aquisição de um novo equipamento. É necessário perceber, também, o que se pretende medir, como medir e verificar se o equipamento visa proporcionar uma melhoria na metodologia de medição e/ou se vai de encontro aos requisitos pretendidos. A metodologia, para a aquisição de um equipamento descrita no procedimento interno encontra-se evidenciada na Tabela 2. Quando se pretende proceder à aquisição de um equipamento idêntico a um já existente, por exemplo, paquímetros ou micrómetros, o processo já se encontra bem estruturado entre a CAER e o fornecedor. Quando se pretende proceder à aquisição de novos equipamentos, por norma, consultam-se os catálogos dos fornecedores, por forma a averiguar se cumprem as características pretendidas para a sua utilização, comparando-se os preços.

Tabela 2 – Metodologia para a aquisição de um EMM.
Adaptada de [25]

Fluxograma	Descrição das Atividades
 <p>1. Seleção do EMM</p>	<p>1. Seleção do EMM a adquirir de acordo com as necessidades e efetuar a compra através de uma Requisição de Compra.</p>
 <p>2. Receção do EMM</p>	<p>2. Na receção do equipamento deverá ser confirmado que o EMM não apresenta defeitos físicos.</p>
 <p>3. EMM funcional/ bom estado?</p>	<p>3. Verificar se o EMM está funcional e não tem danos visuais.</p>
 <p>5. EMM sujeito a calibração?</p>	<p>4. Se o EMM apresentar algum tipo de dano visual ou funcional, este deverá ser devolvido ao fornecedor de imediato.</p>
 <p>7. EMM calibrado?</p>	<p>5. e 6. 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>9. EMM aceite?</p>	<p>7. e 8. 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>11. Identificação e alocação no posto de trabalho</p>	<p>9. e 10. Caso o equipamento não esteja conforme, será devolvido ao fornecedor.</p>
 <p>11. Identificação e alocação no posto de trabalho</p>	<p>11. 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>

Posteriormente à aquisição de um novo EMM, deve-se assegurar que o mesmo se encontra em perfeitas condições e apto para a medição, através de verificações ou de calibrações periódicas. É necessário, portanto, ter um controlo das condições em que se

encontram os equipamentos e sensibilizar os colaboradores para a sua correta utilização e comunicação de alguma anomalia detetada.

O procedimento menciona que um dos critérios a estabelecer pelo cliente ou pela CAER para a seleção do equipamento, é a resolução do mesmo. O critério geral aplicado indica que a resolução do equipamento terá de ser 10 vezes maior do que a tolerância aplicável:

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

Este critério é aplicado, sempre que possível, para garantir que a medição efetuada está correta em termos de resolução do equipamento.

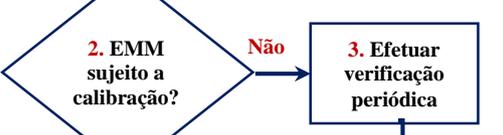
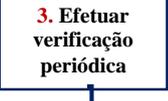
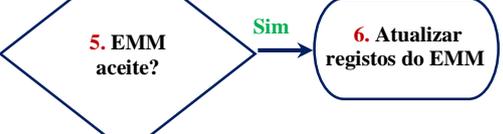
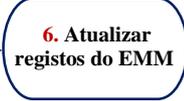
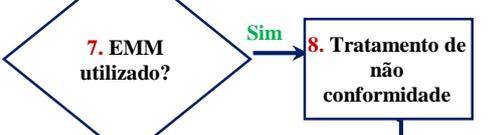
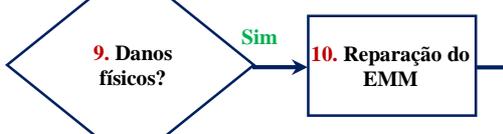
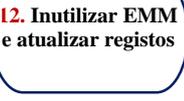
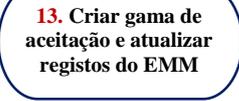
Após a análise anterior, é feita, aquando da aquisição de um novo equipamento, a sua introdução num inventário, em formato digital, onde se atribui uma identificação (interna) única. A identificação do equipamento consiste numa sigla, EMM, acompanhada por quatro dígitos (de 0001 a 9999). O primeiro equipamento foi, então, identificado como EMM0001, existindo até à data um total de 350 equipamentos de monitorização e medição internos.

A identificação, a designação, a marca do equipamento, a data da última e próxima calibração, o estado do equipamento, a periodicidade de calibração/verificação, o colaborador responsável pelo equipamento, e as características do mesmo, constam num documento digital, denominado “Ficha de Identificação de EMM”. A Tabela 3 mostra o exemplo da Ficha de Identificação de um EMM, nomeadamente do EMM00174.

Tabela 3 – Ficha de Identificação do EMM0174, CAER.
Adaptado de [26].

EMM0174				
Identificação				
Designação:	Medidor de Espessura	Gama Utilização:	0-30 mm	Local de utilização:
Marca:	Kroeplin	Resolução:	0,02 mm	Metrologia
Modelo:	C330	Periodicidade:	24 meses	
Nº de Série:	LC49N016	Estado Actual:	Uso	Pessoa responsável:
Fornecedor:	Hoffmann	Data de Aquisição:	12/03/2015	-
Acessórios				
Plano de Calibração				
Data Calibração	Nº Certificado	Resultado	Entidade	Responsável
16/03/2015	LMD20155002726/10	OK	-	

Tabela 4 – Metodologia para a monitorização de um EMM.
Adaptada de [25].

Fluxograma	Descrição das Atividades
	<p>1. Efetuar a monitorização do EMM, através da Lista de Equipamentos e do Plano de Manutenção.</p>
	<p>2. e 3. 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>4. 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>5. e 6. Consoante a análise do certificado, e o consequente 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>7. e 8. 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>9. e 10. 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 relativo à Reparação do EMM. Caso seja possível a reparação, o equipamento terá que sofrer uma calibração/verificação após esta.</p>
	<p>11. e 12. 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>13. 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>
	
	
	
	

No documento relativo ao procedimento descrito na Tabela 4 são descritas as atividades para a reparação de um equipamento. Estas consistem em responder a duas importantes questões:

1. É possível reparar o equipamento?
2. O valor da reparação equivale ao preço de um novo equipamento?

Posteriormente, é dado o seguimento para cada uma das respostas às questões anteriores descritas. Caso seja necessário uma intervenção é necessário, após reparação, efetuar-se uma verificação/calibração. Contudo, esta verificação/calibração não substitui ou altera a data da próxima verificação/calibração do equipamento reparado, ou seja, o planeamento de manutenção de EMM.

Existe, ainda, um documento que contém um plano de calibração para cada EMM da CAER. Este documento é útil quando se pretende consultar a listagem completa de todos os equipamentos e as datas de próximas calibrações. Adicionalmente na plataforma SAP também é possível visualizar os alertas indicativos de calibrações a serem efetuadas. Na Tabela 5 é indicado a título exemplificativo um extrato do documento relativo aos equipamentos de monitorização e medição do EMM0100 a EMM0105.

Tabela 5 – Plano de calibração para os EMM da CAER.
Adaptado de [27].

Nº EMM	Designação	Gama Utilização	Data da Próxima Calibração	Periodicidade	Local de Utilização
EMM0100	Régua Graduada	0 - 1000 mm	Junho 2016	24 Meses	Metrologia
EMM0101	Micrómetro Interiores	3 - 4 mm	Junho 2015	12 Meses	Metrologia
EMM0102	Micrómetro Interiores	4 - 5 mm	Junho 2015	12 Meses	Metrologia
EMM0103	Paquímetro Digital	0 - 150 mm	Julho 2016	24 Meses	Engenharia
EMM0104	Paquímetro Digital	0 - 150 mm	Julho 2016	24 Meses	Produção
EMM0105	Apalpa - Folgas	0,05 - 1 mm	Julho 2015	12 Meses	Metrologia

Em cada equipamento de monitorização e medição é colocada uma etiqueta de identificação. Esta etiqueta pode possuir três cores distintas: verde, amarelo e vermelho. A cor verde significa que o equipamento se encontra apto para efetuar-se medições, sem haver restrições que coloquem em causa o seu funcionamento. A etiqueta com cor amarela significa que o equipamento se encontra com algumas restrições, sendo, por exemplo, adaptado a outra gama de medições, limitando assim a sua aplicabilidade. Por fim, a cor vermelha traduz que o equipamento se encontra fora de serviço, seja por danos físicos detetados, incumprimento do período de calibração/verificação ou critério de aceitação, devendo-se colocar o mesmo num lugar restrito. Esta distinção de cores

permite uma gestão visual do estado do equipamento, sendo possível também identificar-se o número do equipamento, a data de quando foi calibrado/verificado e da próxima calibração/verificação. As fitas métricas e réguas metálicas são exemplos de equipamentos que apenas são verificados e não calibrados, havendo a devida diferença na descrição, impressa na etiqueta de cor verde. Como já foi referido no ponto relativo às não conformidades, a cor amarelo, relativa ao produto suspeito e a vermelha, de produto não conforme, também são aplicadas a outras áreas na CAER. Na Figura 33 visualizam-se as diferentes etiquetas usadas.



Figura 33 – Etiquetas com as diferentes cores; (a) – Equipamento Calibrado; (b) – Equipamento Aceite sob Concessão; (c) – Equipamento Fora de Serviço.

Quando um equipamento é calibrado, num laboratório de Metrologia acreditado, é necessário proceder à análise dos certificados de calibração, pois os erros de medição assegurados pela calibração podem não ser os adequados às medições a efetuar. No certificado constam dois parâmetros relevantes para o critério de aceitação/rejeição do EMM: Erro Absoluto e Incerteza Expandida.

O *Erro* é a maior diferença entre o valor teórico e o verdadeiro, sendo a *Incerteza* (em módulo), a incerteza final transcrita no certificado de calibração. Esta análise não constitui um objetivo do trabalho de estágio, contudo, procurou-se explorar um pouco mais este tema e sugerir, sempre que oportuno, melhorias para o processo implementado. Após a análise a este procedimento, foi sugerido aos responsáveis do Laboratório de Metrologia a possibilidade de as entidades, onde os EMM são calibrados, procederem à atribuição da classificação do equipamento de *conforme* ou *não conforme* de acordo com o critério interno da CAER. Esta observação surgiu, pois constatou-se que o era necessário despendar bastante tempo para a análise anteriormente descrita o que diminuía a fluidez do processo, à medida que o número de equipamentos aumentava. Este apontamento foi tido em conta e atualmente verifica-se a possibilidade de todas as entidades acreditadas, que colaboram com a Caetano Aeronautic, fazerem esta análise descrevendo a aceitação ou não do equipamento de monitorização e medição.

4.3 A MEDIÇÃO DOS COMPONENTES METÁLICOS

Os equipamentos existentes no laboratório de Metrologia da Caetano Aeronautic são mais direcionados para a área da Metrologia dimensional (comprimentos, ângulos, formas, estados de superfície). Contudo, muitos componentes não são medidos exclusivamente no interior do laboratório, mas junto das máquinas ferramentas CNC pela equipa de Metrologia. Um dos exemplos de medição é a validação dos diâmetros e o posicionamento dos primeiros furos realizados. De seguida procede-se à realização dos restantes furos. A Figura 34 ilustra o procedimento de uma medição em máquina, a uma das peças de maior dimensão produzida até à data do presente relatório, na Caetano Aeronautic.



Figura 34 – Validação do diâmetro e posicionamento de furos na máquina ferramenta CNC.

Alguns dos equipamentos mais utilizados nas medições das peças são os seguintes:

1. Paquímetro

Os paquímetros, geralmente têm uma faixa de medição inferior a 300 mm, com resoluções de medição típicas são 0,05 milímetros para um paquímetro analógico e 0,01 mm para os digitais. Todos os paquímetros na CAER são digitais. Os diferentes paquímetros existentes no laboratório encontram-se na Figura 35.



Figura 35 – Paquímetros digitais no Laboratório de Metrologia da CAER; (a) – Paquímetro de profundidades de 150 mm; (b) – Paquímetro de 300 mm; (c) – Paquímetro de 150 mm.

O paquímetro digital de profundidades da Figura 3 (a), com uma gama de medição entre 0 e 150 mm é utilizado, tal como o nome, indica, para medir-se profundidades, seja de degraus ou ranhuras. Este equipamento requer algum cuidado quando se define a *reposição dos zeros*, utilizando-se, para o efeito, uma mesa de granito, ou um bloco padrão, de forma a assegurar-se que os encostos se encontram paralelos à superfície de contato. Os outros dois paquímetros da Figura 3 (a) e (b) são muito idênticos, utilizando-se maioritariamente o (a), salvo as dimensões a medir serem superiores a 150 mm, ou tratando-se de peças que necessitem de maior contacto de medição entre as paredes, onde por vezes não é possível fazer a medição com o paquímetro de menor gama. Todos possuem uma resolução de 0,01 mm. Os paquímetros são utilizados com muita frequência para medir-s espessuras, diâmetro de furos, distâncias entre furos e entre furos e paredes, cotas lineares, profundidades e chanfros. Na Figura 36 são apresentados alguns exemplos práticos de medição com os paquímetros durante o período de estágio.

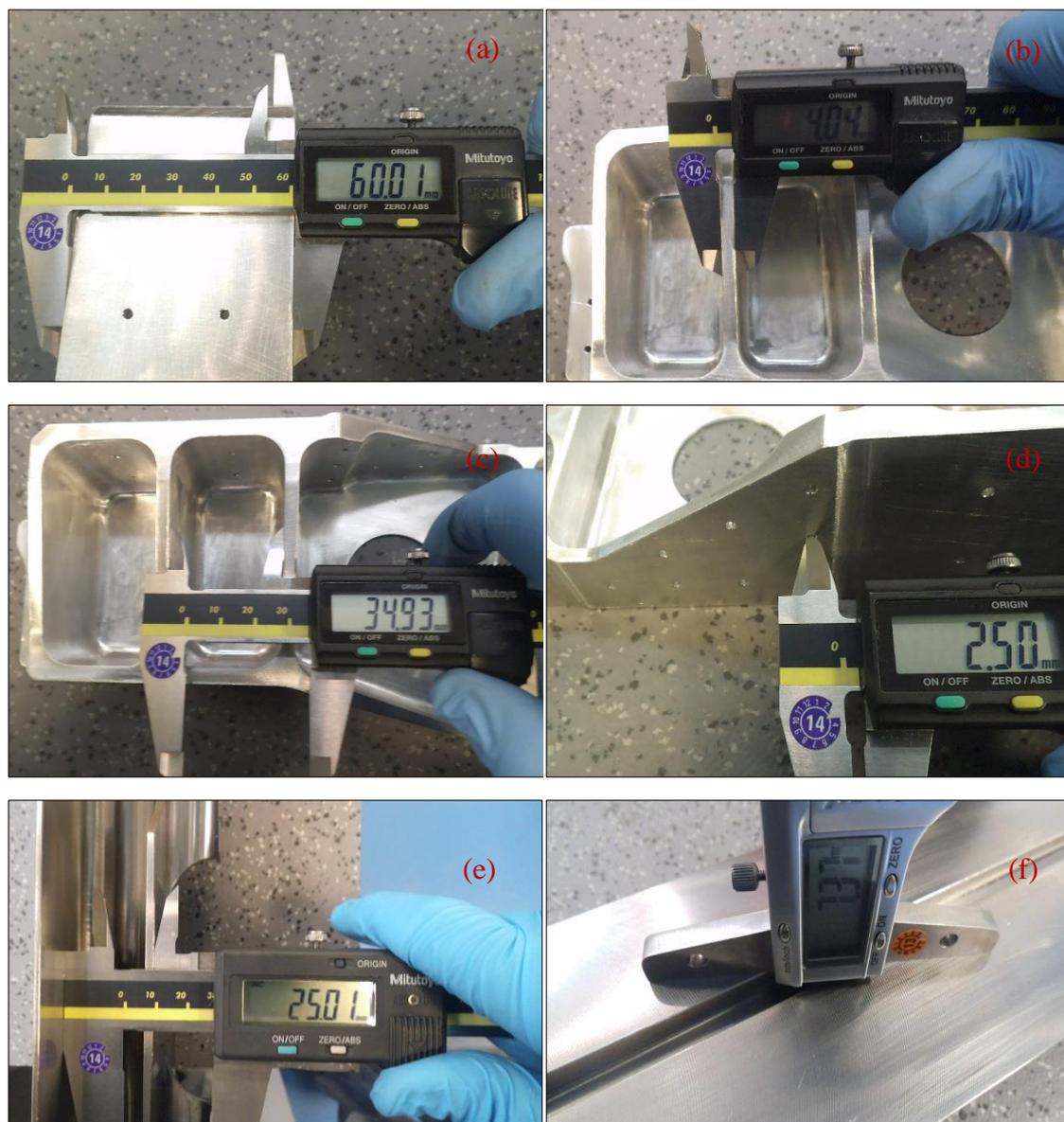


Figura 36 – Diferentes tipos de Medição; (a), (b) – Medição Exteriores; (c), (d) – Medição Interiores; (e), (f) – Medição de Profundidades.

2. Micrómetro

O micrómetro é um instrumento de medição direta, cujo funcionamento se baseia no princípio da transmissão de movimento parafuso/porca. Existem diversos tipos de micrómetros, variando consoante as aplicações específicas, nomeadamente a medição de diâmetros exteriores, interiores, espessuras, ranhuras, ressaltos e profundidades, entre outras. Atualmente, no laboratório de Metrologia da Caetano Aeronautic, existem dois tipos de sistemas de leitura: o analógico com nónio em tambor e o digital, em apenas um micrómetro. Os micrómetros podem ser de exteriores e interiores, sendo ambos de três contactos. O micrómetro de exteriores é frequentemente utilizado para medir espessuras,

enquanto o de interiores é utilizado para medir o diâmetro de furos com tolerâncias mais rigorosas, na maioria de ajustamento H7. A gama de medição nos micrómetros de interiores é de 0,000 mm a 39,996 mm, sendo os de exteriores de 0,00 mm a 150,00 mm. Na Figura 37 exemplifica-se dois exemplos de medição com cada um dos tipos de micrómetros mencionados.

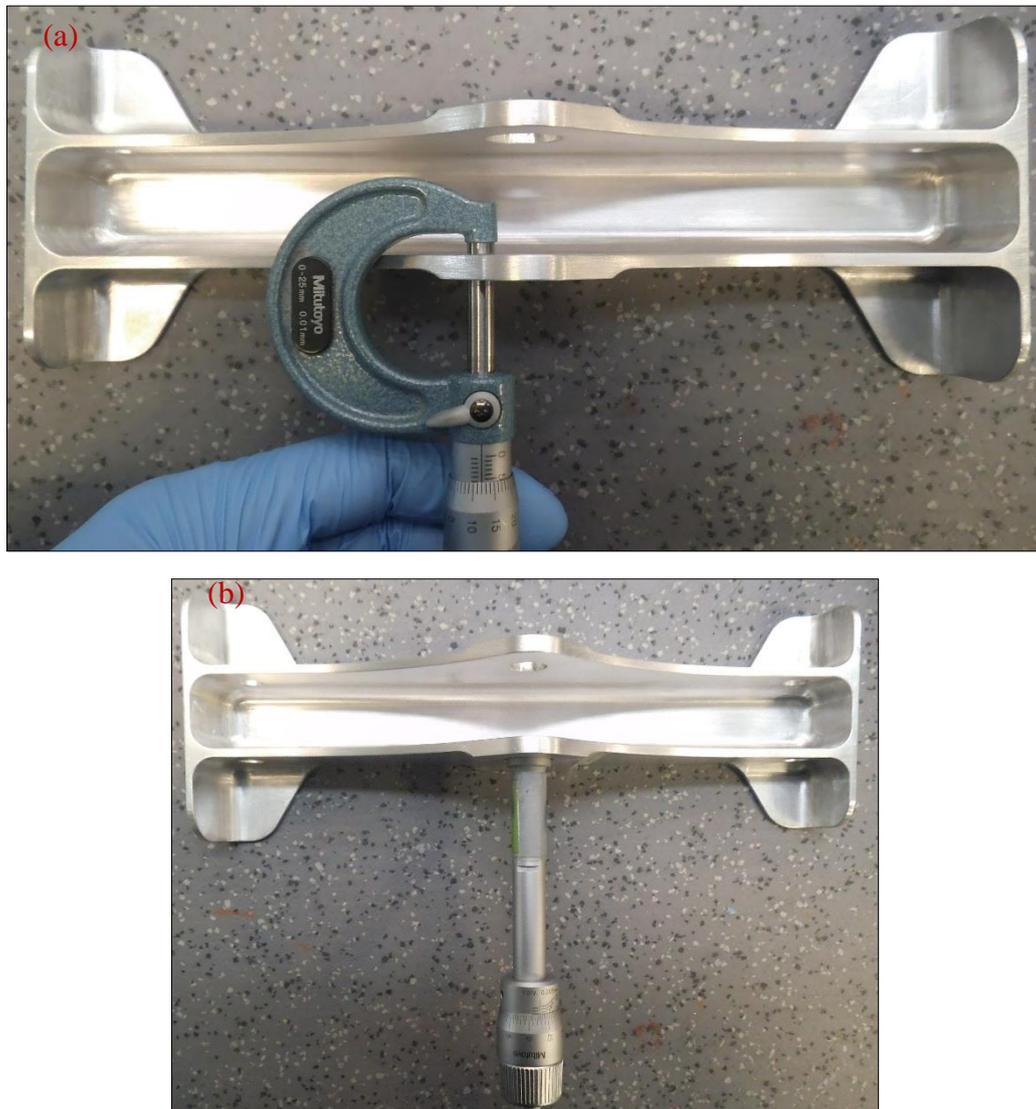


Figura 37 – Exemplo de medição com o micrómetro, (a) – Interiores; (b) – Exteriores.

3. Graminho

O graminho (também designado por vezes por coluna de medição) é um equipamento derivado do paquímetro e que tem diversas aplicações, nomeadamente na medição da distância entre pontos ou entre faces, na comparação de medidas e verificação da geometria. A utilização do graminho depende dos acessórios, sendo possível medir a

distância entre faces e ressaltos, paralelismo entre faces, perpendicularidade entre faces, ângulo entre faces e distância entre centros de furos, espessuras, entre outras [10].

Apesar das aplicações de utilização que foram mencionadas, o graminho existente no laboratório de Metrologia, da Caetano Aeronautic, apenas era utilizado para medir-se distâncias entre paredes e a espessura de algumas paredes. Face a muitos componentes aeronáuticos irem propositadamente à Máquina de Medição por Coordenadas (MMC) para serem medidas algumas cotas, exigindo mais tempo entre medições, estudou-se em que medida este processo poderia ser melhorado.

Desta forma verificou-se que tipos de acessórios seriam possíveis de acoplar ao graminho e como posteriormente efetuar as medições das respetivas cotas do desenho. Na Figura 38 é possível visualizar as duas ponteiros que foram adquiridas, conjuntamente com o equipamento.



Figura 38 – Pontas Esféricas do Graminho.

Após uma breve pesquisa, verificou-se que era necessário ajustar os parâmetros do graminho sempre que se alterasse uma das pontas esféricas, pois comprovou-se que o diâmetro de cada esfera afetava o resultado da medição. Para o efeito utilizou-se um acessório que fazia parte dos elementos adicionais do graminho. Com o mesmo é possível fazer-se a *reposição dos zeros* para cada diâmetro das pontas esféricas. Para não haver dúvidas, para outros utilizadores do graminho, efetuou-se uma impressão do procedimento (Figura 39) e colocou-se próximo do graminho.

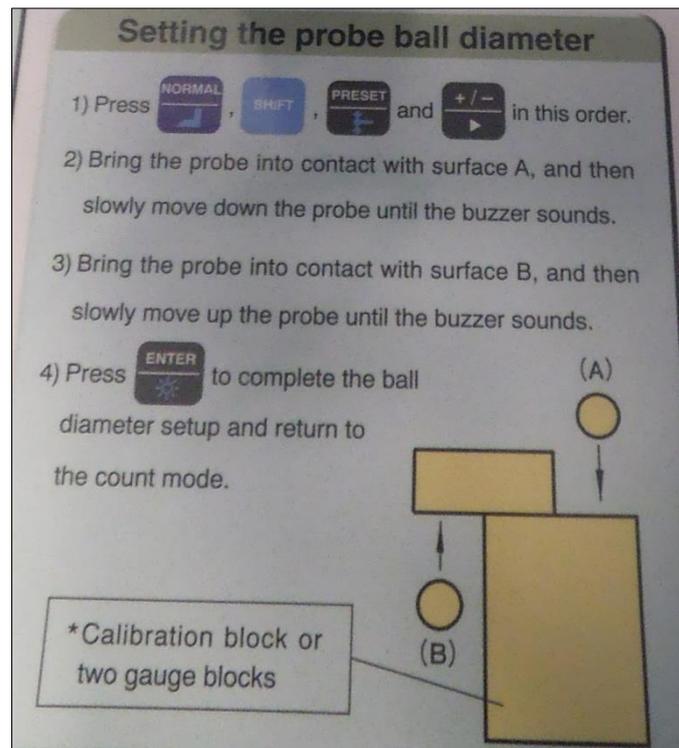


Figura 39 – Procedimento para ajuste do diâmetro das pontas esféricas do graminho.

Sendo o graminho, um equipamento com várias opções disponíveis e de grande versatilidade, surgiu a oportunidade de se aprofundar um pouco este equipamento, nomeadamente de efetuar a medição de um componente de titânio com um pacote de trabalho bastante intenso. Desta forma foi possível determinar as distâncias entre furos e entre os centros dos furos, entre paredes e furos, e os valores mínimos e máximos entre paredes e furos. No Figura 40 seguinte é visível a medição deste componente aeronáutico.



Figura 40 – Medição do componente aeronáutico de titânio no graminho.

Neste equipamento mediram-se algumas cotas que constam no desenho do componente aeronáutico. Na Figura 41 é possível visualizar algumas dessas cotas, sendo que a cota de 50,8 mm (distância entre um furo e uma parede), de 101,6 mm (linear), e os dois diâmetros dos furos de 42 H7 foram medidas no graminho. A cota de 24,5 mm referente à espessura de uma parede foi medida com o micrómetro de exteriores tendo sido as restantes dimensões medidas na Máquina de Medição por Coordenadas (CMM). A medição das cotas, usando o graminho e o micrómetro, diminuiu o tempo de medição do componente de aproximadamente 30 minutos face à utilização exclusiva da CMM, pelo que este é o procedimento recomendado o qual foi já entretanto implementado na CAER. Com o teste realizado, e com a exploração das potencialidades do graminho, até ao momento não aproveitadas, tornou-se evidente que apesar de a CMM permitir a medição automática de cotas, nem sempre a sua utilização conduz a uma medição mais célere, dada a necessidade de reposicionamento da peça durante o processo de medição.

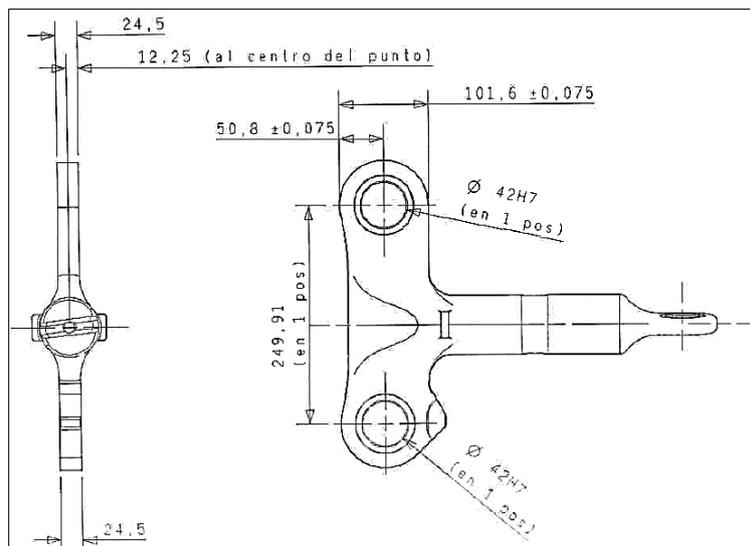


Figura 41 – Desenho com as principais cotas do componente aeronáutico de titânio.

Fez-se também a pesquisa de informação sobre pontas alternativas para acoplar ao graminho, face às de que se dispunha se encontrarem em posição perpendicular ao eixo de movimentação do equipamento, não permitindo a medição de algumas cotas de orientação incompatível com a ponta. Após comunicação de quais as ferramentas pretendidas ao colaborador responsável pelos EMM, foram adquiridas algumas pontas capazes de medir cotas que não eram possíveis de ser medidas com as pontas esféricas, nem unicamente com o paquímetro ou o micrómetro de exteriores. Um exemplo de medição das mesmas encontra-se visível na Figura 42.



Figura 42 – Exemplo de medição de espessuras com as pontas adquiridas.

Esta nova ferramenta é atualmente bastante utilizada para outras aplicações, nomeadamente para a medição de algumas ferramentas usadas na produção (por exemplo, a medição de brocas, de forma a verificar a correta montagem no suporte ou possível desgaste da mesma).

Estudou-se ainda a possibilidade de se medir algumas características geométricas dos componentes aeronáuticos, com montagem de alguns acessórios, nomeadamente o de medição de paralelismo entre faces. O mesmo chegou a ser acoplado ao graminho, utilizando-se um comparador analógico. Contudo verificou-se que a sua utilização não seria teria frequente, visto que as características geométricas das peças são medidas e validadas na Máquinas de Medição por Coordenadas, em peças de Inspeção do Primeiro Artigo (FAI).

4. Goniómetro

O goniómetro, também conhecido por suta, é um instrumento que nos permite medir ângulos. Os sistemas de leitura mais utilizados são o analógico com nónio circular o digital e o analógico-digital com escala circular. O sistema analógico com nónio circular é o mais utilizado nas sutas, sendo constituído por duas escalas. A principal com resolução em graus ($^{\circ}$) e o nónio com resolução em minutos ($'$). A resolução, tanto no sistema analógico com nónio circular como no sistema analógico-digital com escala circular é geralmente de $5'$ e a resolução do sistema digital é de $1'$ ou de $0,01^{\circ}$ [10]. Na Figura 43 visualiza-se um exemplo da medição de um ângulo com o recurso a um goniómetro analógico com nónio circular que faz parte dos equipamentos de medição do laboratório da CAER. O goniómetro é constituído pela escala Principal (1.) com a resolução de 1

grau e a escala Nónio (2.) com a resolução de 5 minutos. Possui ainda uma régua (3.), um esquadro (4.) e um parafuso de fixação da régua (5.).

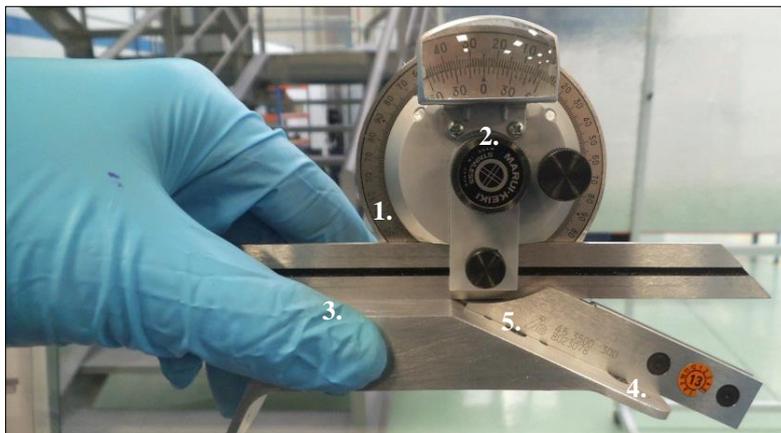


Figura 43 – Exemplo de medição de um ângulo, com recurso ao Goniómetro.

Embora não tenham sido ainda adquiridos pelo laboratório de Metrologia da Caetano Aeronautic, existem uns blocos angulares em forma de cunha, de faces planas, geralmente em aço de liga tratado ou carboneto de tungsténio, que permitem o controlo de vários ângulos.

5. Escantilhão

As formas de um elemento de uma peça podem ser controladas através da verificação com recurso a escantilhões, também designados por calibres ou calibradores.

Os escantilhões materializam a forma ou geometria de um determinado elemento definido no desenho técnico e são utilizados para assegurar a conformidade desse elemento para com os requisitos estabelecidos na norma ou numa especificação. Os escantilhões são muito utilizados na verificação de raios, de perfis de roscas, de folgas e de diâmetros [10].

No laboratório de Metrologia da CAER, são utilizados frequentemente dois tipos de escantilhões, um de raios e outro de folgas, também denominado de apalpa-folgas. O escantilhão de raios é utilizado para verificar os raios internos e externos dos componentes aeronáuticos, conforme especificado no desenho. Em cada lâmina do escantilhão é evidenciada o número do raio correspondente. Existem três conjuntos de escantilhões que variam os raios de 1 a 25 mm, em intervalos de 0,5 mm até a escala de 1 a 15 mm e de 1 mm na escala de 15 a 25 mm, visíveis na Figura 44 (a). O escantilhão de folgas é utilizado no laboratório para verificar-se a planeza das superfícies em algumas peças, originado, por vezes em métodos de maquinação inadequados. Um exemplo da utilização do

escantilhão de folgas encontra-se na Figura 44 (b). Na Figura 44 (c) e (d) é evidenciado o exemplo de uma medição de raios interiores e exteriores.

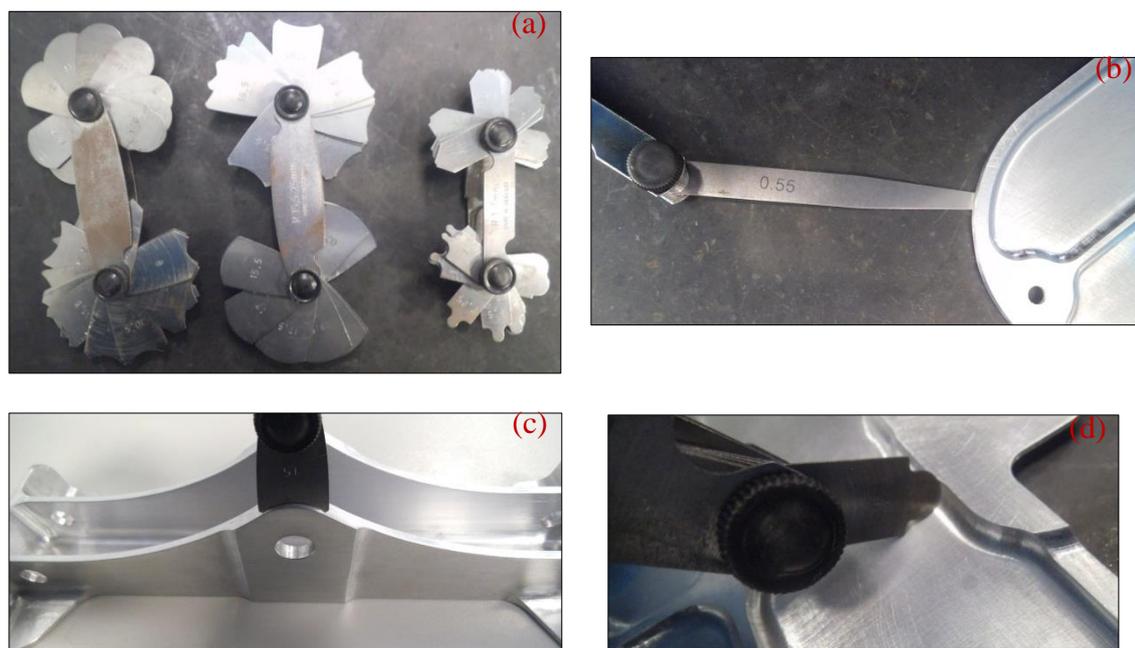


Figura 44 – Exemplo de medição com recurso aos escantilhões de folgas e de raios.

A verificação com os escantilhões é muito simples, rápida e económica, sendo a maior parte fabricada em aço de liga tratado e com espessuras variáveis consoante a sua aplicação.

6. Rugosímetro

A Rugosidade da superfície de uma peça é caracterizada por um conjunto de irregularidades, com espaçamento regular ou irregular, podendo formar padrões ou texturas características sobre a superfície resultantes, regra geral, do processo de maquinação. Os acabamentos superficiais são muito importantes pois a sua exatidão influencia fatores tais como a tolerância dimensional, a resistência à corrosão e à fadiga, o escoamento de fluidos, a lubrificação e a transmissão de calor nas peças.

Em Metrologia de rugosidade, a superfície é digitalizada por contacto, com um equipamento de medição denominado de rugosímetro (stylus instrument) de acordo com o método descrito na norma internacional ISO 3274:1994 - *Geometrical Product Specifications (GPS) - Surface texture: Profile method - Nominal characteristics of contact (stylus) instruments*. A Metrologia das superfícies assenta também na definição de funções matemáticas: parâmetros de rugosidade, encontrando-se atualmente

normalizados e cujos valores nominais de rugosidade foram estabelecidos a partir da experiência obtida ao longo da história da produção e fabrico de superfícies mecânicas.

A norma para a indicação de superfície em desenho técnico é a ISO 1302. Esta norma define como apresentar a indicação dos estados de superfície nos desenhos técnicos, apresentando os símbolos gráficos necessários para a indicação do acabamento de superfície, tolerância dimensional e geométrica.

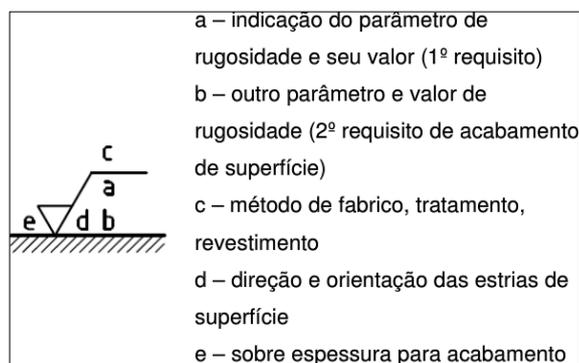


Figura 45 – Parâmetros de Rugosidade.
Retirado de [23].

Um dos parâmetros de amplitude mais utilizado para a especificação da rugosidade da superfície é o Ra que corresponde à média aritmética dos valores absolutos das coordenadas do perfil. Este parâmetro é o pedido nos desenhos do cliente, sendo o parâmetro controlado em todas as validações dos processos de medição nas peças inspeccionadas. A representação do mesmo pode ser visualizada na Figura 46.

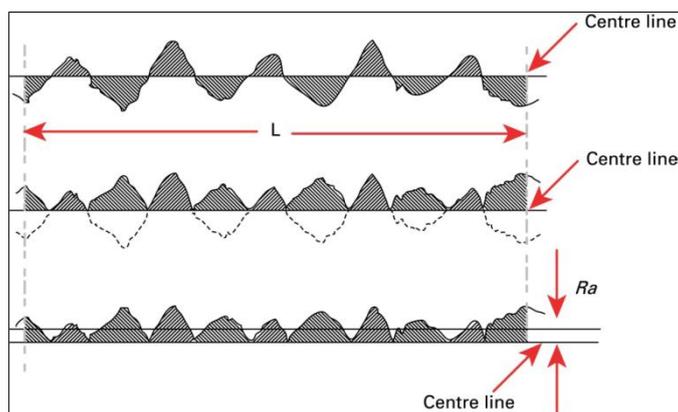


Figura 46 – Representação do parâmetro Ra .
Retirado de [28].

Todas as superfícies apresentam uma determinada textura, que é caracterizada por uma série de picos e vales do perfil da superfície. Estes picos e vales variam em altura e espaçamento, apresentando propriedades que são resultantes da forma como a superfície foi maquinada [28].

Na textura da superfície existem vários fatores que quando combinados caracterizam o perfil da superfície. Por exemplo:

- A microestrutura do material;
- As ferramentas de corte;
- Erros provocados pelas máquinas ferramenta.

Com a avaliação da superfície é possível prever o comportamento do componente, e por outro lado, uma vez que a rugosidade é a “impressão digital” do processo de maquinação utilizado, também é possível controlar a boa execução do processo. Um exemplo de medição é possível ser visualizado na Figura 47.



Figura 47 – Exemplo de medição da rugosidade.

Na Figura 48, encontra-se uma otimização implementada na medição da rugosidade. Foram alterados alguns parâmetros, e sugeriu-se a impressão dos parâmetros de Rugosidade, com a data da medição e a posterior colocação manual, da Ordem de Produção. A impressão seria posteriormente anexada à Instrução de Verificação, para comprovar a medição e o valor registado na mesma.

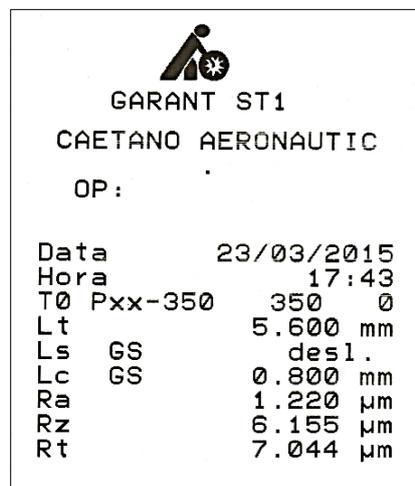


Figura 48 – Impressão dos Parâmetros de Rugosidade.

7. Máquina de Medição por Coordenadas

As máquinas de medição por coordenadas (MMC), vulgarmente conhecidas por máquinas 3D (por permitirem materializar um sistema de coordenadas cartesiano), devido à sua exatidão, versatilidade e fiabilidade, são consideradas como o equipamento de excelência dos laboratórios de Metrologia. As MMC são caracterizadas pela alta velocidade de medição, por permitir medições mais exigentes de características geométricas tridimensionais, de qualquer tipo de peças. A determinação das coordenadas dos pontos, sobre a superfície da peça, permitem definir os seus elementos geométricos, nomeadamente a dimensão, a forma e a posição. Este equipamento possibilita a implementação de rotinas de medição, registo de medições e emissões de relatórios de inspeção em PDF [10]. O *software* utilizado é o *Metrolog XG*, sendo apresentado um exemplo de trabalho na Figura 49.

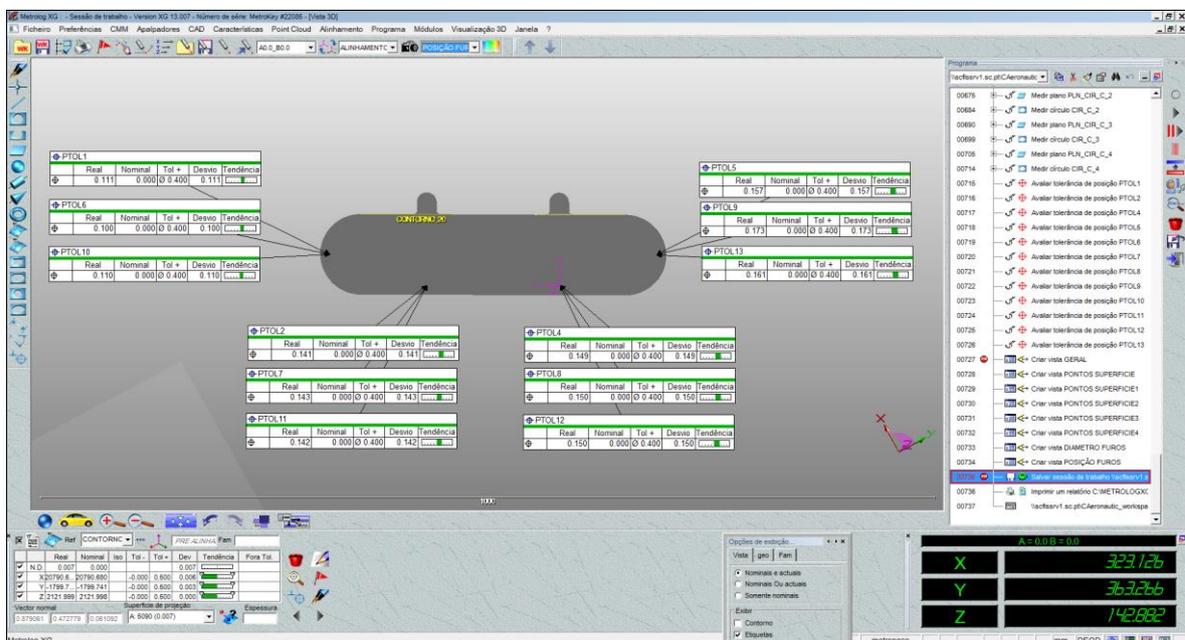


Figura 49 – Exemplo do ambiente de trabalho no *software* Metrolog XG.

Como já mencionado, o sistema de coordenadas em uso mais comum é o sistema cartesiano. É composto por três eixos lineares que se cruzam na origem do sistema. Os três eixos são perpendiculares entre si e são normalmente designados X, Y e Z. Existem três graus de liberdade de forma linear ao longo dos eixos X, Y e Z e três graus de liberdade de rotação em um sentido em torno dos eixos X, Y e Z [29].

Portanto, para definir um sistema de coordenadas um mínimo de seis pontos de medição são necessários (Figura 50).

Para definir um sistema de referência (coordenada) para uma parte retangular com superfícies planas que tem a sua origem num canto, exigiria seis pontos de contato. Três pontos são necessários para definir uma superfície plana ou plano (o plano XY - dado primário A), mais dois pontos necessários para definir uma linha que reside no plano XZ (dado secundário B) e um ponto final no plano YZ (dado terciário C) [29].

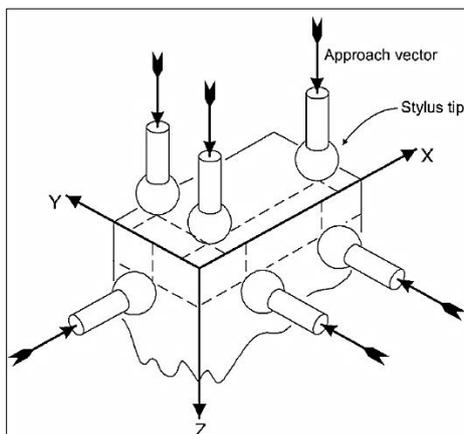


Figura 50 – Representação dos seis pontos necessários para criar um sistema de coordenadas
Retirado de [29].

Os três planos são criados para serem mutuamente perpendiculares e o ponto de intersecção dos três planos é a origem do sistema $x = 0$, $y = 0$ e $z = 0$.

O sistema de fixação das peças na mesa de granito das Máquinas de Medição por Coordenadas, no laboratório de Metrologia da CAER, é efetuado através de meios de fixação próprios. Todas as peças industrializadas e de Ordens de Produção (OP) do Primeiro Artigo Inspeccionado (FAI) são inspeccionadas neste equipamento de forma a validar o processo de maquinação. Algumas peças das OP Série podem também ser controladas, dependendo dos atributos associadas às mesmas, ou dos requisitos dos clientes.

Após consulta do documento *CMM Measurement Strategies* [29], foi sugerido e aceite pela equipa de Metrologia do laboratório, que fosse introduzido na primeira página do relatório de inspeção, a data de realização e o autor da medição. Foi ainda aceite a sugestão de que fosse retirada uma foto com o posicionamento da peça na máquina, de forma a evitar futuras dúvidas sobre o posicionamento da peça na máquina, pelo mesmo ou por outro operador.

A programação das Máquinas de Medição por Coordenadas no laboratório da CAER, no nível básico, envolve a utilização de um *joystick*, para manobrar o equipamento e a sonda em torno da peça de trabalho. A programação é efetuada com a utilização de

um modelo CAD da peça. Verificou-se que a medição é afetada pelos seguintes parâmetros da máquina: direção da ponta de prova, velocidade de medição, distância de proximidade e valores de aceleração. Um exemplo de medição com recurso à MMC é ilustrado na Figura 51.



Figura 51 – Medição de uma peça em titânio com recurso à MMC.

4.3.1 ERROS NAS MEDIÇÕES

Um processo produtivo está sujeito a uma série de fatores de influência que definem a sua variabilidade. Algumas das razões mais imediatas para existirem sempre incertezas associadas às medições são indicadas na Figura 52.

O efeito das condições atmosféricas é um dos principais fatores (por exemplo, temperatura, humidade, pressão atmosférica), assim como o efeito das características intrínsecas aos instrumentos de medição utilizados (por exemplo, resolução, estabilidade, sensibilidade, etc.) ou até mesmo às peças que se pretendem medir ou caracterizar [30].

Por fim e, também relevante, existem os efeitos atribuíveis ao operador/experimentador (tais como método de medição inadequado, erros de leitura das escalas (paralaxe), incorreta utilização dos equipamentos, etc.) [30].

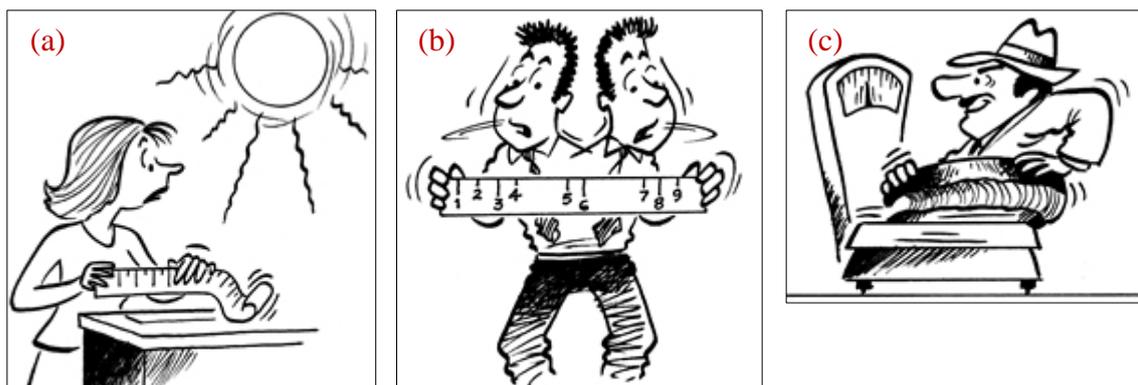


Figura 52 – Razões que levam às incertezas associadas à medição; (a) – Condições atmosféricas; (b) – Instrumentos de medição; (c) Operador.

O conhecimento e o controlo dos fatores de influência é fundamental para a manutenção da qualidade dos produtos do processo, nomeadamente na área aeronáutica.

No laboratório de Metrologia da Caetano Aeronautic, a temperatura e a humidade são controladas através de um sistema de ar condicionado a funcionar 24 horas/dia. Para a medição da temperatura e humidade existem dois Termo-higrómetros colocados nas extremidades do laboratório de forma a assegurar que a temperatura e humidade se mantêm nas condições definidas.

Todos os equipamentos de medição se encontram calibrados/verificados, havendo uma gestão dos mesmos, de forma a assegurar que se encontram dentro dos parâmetros de qualidade exigidos para a sua função.

Contudo, verificou-se que a análise dos equipamentos poderia não estar a ter em conta para algumas medições, os parâmetros evidenciados no certificado de calibração. Os valores das medições, dos componentes aeronáuticos, nomeadamente com tolerâncias muito rigorosas não estavam a ter em conta o erro do próprio equipamento, nem em restringir o mesmo a algumas gamas de medição ou mesmo locais de medição no interior da Caetano Aeronautic.

Sempre que surgia cota com uma tolerância nos seus limites inferior ou superior, nem sempre entrava na equação do valor medido, o erro do próprio equipamento utilizado. No caso de o limite superior ser excedido em cotas do tipo espessuras ou lineares, a solução encontrada era levar a peça à zona de acabamentos para se retirar o excesso de material. Mas no caso de um furo de valor nominal 15 H7, [15,000; 15,018] mm, que se situe acima da tolerância máxima, o mesmo nunca poderá ser retrabalhado. Se a dimensão real de um furo de valor nominal se encontrar com 15,023 mm, a peça é rejeitada, procedendo-se à abertura de uma não conformidade. É nestes casos que é relevante entrar em conta com o erro do próprio equipamento utilizado e apurar-se se a

nível dimensional, é o furo que está não conforme ou se é o equipamento que não se encontra devidamente apto para a medição, compensando o erro associado ao equipamento.

Já no caso de a tolerância se encontrar abaixo do valor nominal, num caso de um furo, é sempre possível alargar o mesmo, contudo, em cotas lineares ou espessuras é preciso analisar-se o quanto está afastado da tolerância mínima, e seria mais uma vez necessário verificar o erro associado ao equipamento.

A título representativo, é apresentada na Figura 53 um extrato de um certificado de calibração de um paquímetro que se encontra no laboratório de Metrologia. Analisando a medição com as maxilas de medição de interiores do paquímetro para a faixa de 150,0 mm, encontra-se um erro de 0,03 mm com incerteza expandida de $\pm 0,009$ mm. O critério de aceitação é por norma a menor tolerância aplicada no processo de medição, sendo neste equipamento aplicada a tolerância de $\pm 0,1$ mm. O fator de aceitação compreende valores entre 3, 5 e 10, sendo que quanto maior for, menor será o erro do equipamento. A avaliação final do equipamento é realizada pela soma dos módulos do erro observado e da incerteza, tendo o valor resultante de ser menor ou igual ao módulo da divisão entre o critério de aceitação e o fator de aceitação utilizado. No caso do paquímetro para uma medição com as maxilas de interiores na faixa dos 150 mm, o somatório dos módulos do erro e incerteza expandida resulta em aproximadamente 0,04 mm, sendo o somatório das outras duas variáveis de aproximadamente 0,07 mm. Ou seja, a avaliação do equipamento para este nominal é conforme, pois 0,04 mm é menor que 0,07 mm.

Maxilas de Medição de Interiores							
Nominal	Valor (mm)		Erro Observado (mm)	Incerteza Expandida (mm)	Critério de Aceitação (mm)	Fator de aceitação	Avaliação Final
	Nominal	Equipamento					
5.0	5.02	0.01	± 0.009	0.2	3	Conforme	
20.0	20.02	0.02	± 0.012			Conforme	
35.0	35.02	0.02	± 0.009			Conforme	
50.0	50.02	0.02	± 0.009			Conforme	
100.0	100.02	0.02	± 0.009			Conforme	
150.0	150.03	0.03	± 0.009			Conforme	

Avaliação Final: $|\text{Erro}| + |\text{Incerteza Expandida}| \leq |\text{Critério de Aceitação} / \text{Fator de Aceitação}|$

Figura 53 – Resultados da calibração de um paquímetro.

No entanto, foi verificado que para alguns equipamentos o único fator a entrar em análise na aceitação era o fator de aceitação e não tão relevante o critério de aceitação ou o erro observado. Inicialmente era utilizado o fator 10, em caso de o resultado da

avaliação final ser não conforme, era usado o 5, e nesta condição se a avaliação final fosse não conforme, era então utilizado o 3. Mas verificou-se que nesta análise, não se tinha tanto em conta o erro do equipamento, mas sim que o mais relevante era ter o equipamento aprovado. Ou seja, a segunda condição admite erros até 0,07 mm. Este apontamento foi constatado durante a análise a este tema de equipamentos de medição, tendo-se alertado que o mesmo não é o mais correto, mesmo aplicado a outros tipos de equipamentos com tolerâncias muito rigorosas.

Defende-se a ideia que é mais relevante ter um equipamento com mais exatidão na medição, do que ter equipamentos aceites em funcionamento com possibilidade de surgirem dúvidas durante as medições, podendo ser fatores para aceitar peças que se encontrem fora das especificações do cliente, assim como sucatar peças de dezenas ou centenas de euros, devido a equipamento não se encontrar avaliado de forma correta.

A nível dos erros associados ao operador é necessário uma formação e conhecimento de técnicas e métodos adequados para a medição, assim como relativamente aos equipamentos. Durante as medições manuais, tentou-se usar o lema, “Medir três vezes, cortar uma vez”, descrito em [30], ou seja, pretendeu-se reduzir o risco de se cometer erros grosseiros (operador, instabilidade da peça a medir, deficiência do instrumento usado, etc.) repetindo a medição uma segunda ou terceira vez. Com a experiência e técnica adquiridas conhece-se o valor com uma maior fiabilidade, o que conduz a uma menor incerteza do mesmo.

4.4 TRATAMENTO DAS NÃO CONFORMIDADES

Na Caetano Aeronautic, procedeu-se ao tratamento e gestão das não conformidades (NC). Esta necessidade surgiu face à melhoria contínua necessária para a sustentabilidade de qualquer organização e que, como já anteriormente referido, é procedente da norma ISO 9001. Para uma familiarização com este tema, efetuou-se um estudo dos procedimentos internos relacionados com as não conformidades e, procedeu-se à revisão de processos não concluídos de não conformidades, os quais necessitavam de tratamento, com vista nomeadamente ao apuramento das causas e estabelecimento das ações corretivas.

Por não conformidade, pode entender-se: *Uma não satisfação de um requisito ou necessidade expressa, geralmente implícita ou obrigatória* [24]. Segundo um

procedimento⁹ consultado sobre este tema, uma definição de material não conforme mais adequada à indústria aeronáutica é a seguinte:

Material que apresenta alguma discrepância com os desenhos, modelos sólidos, normas, especificações, testes funcionais e documentos aplicáveis, ou que não cumpre algum dos requisitos especificados (incluindo especificações funcionais) detetados durante as inspeções, testes ou ensaios previstos.

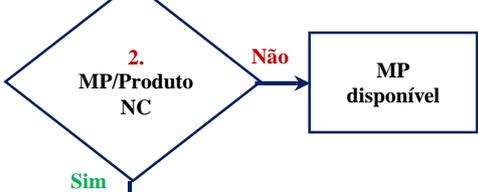
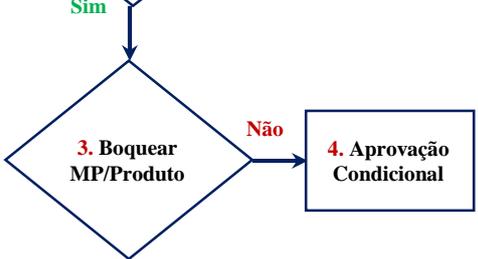
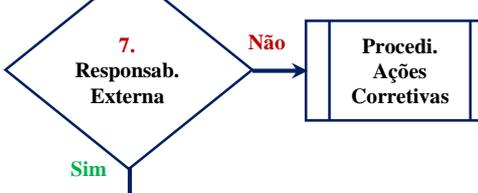
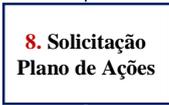
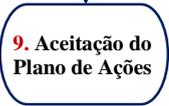
Uma ação imediata ou de contenção tem como objetivo, após ser detetada a não conformidade, isolar o problema e garantir que o mesmo não seja imediatamente repetido, aguardando-se até que se implemente a ação corretiva. Por sua vez, a ação corretiva é a que tem como finalidade eliminar as causas de uma não conformidade detetada. Segundo o procedimento anteriormente referido, uma ação corretiva tem a seguinte definição:

Toda a atividade designada para prevenir ou evitar a repetição de não conformidades, atuando sobre todos ou alguns dos seguintes fatores: concepção, matéria-prima, instalações, métodos, procedimentos, processos, equipamentos, meio ambiente, colaboradores e outros.

Para o controlo do produto não conforme, foi criado na Caetano Aeronautic o procedimento PC05.0_002, encontrando-se na versão 06, na data de 2 de fevereiro de 2015. No âmbito do trabalho de Projeto/Estágio, o procedimento foi revisto e atualizado com a introdução de algumas sugestões de melhoria, nomeadamente a identificação e localização no interior e exterior do laboratório dos produtos não conformes, assim como a alteração das datas de comunicação das não conformidades aos clientes/fornecedores. Este procedimento tem como principal objetivo assegurar que o produto não conforme é identificado e controlado de forma a prevenir o seu uso indevido. Toda esta identificação e controlo são aplicados à matéria-prima, componentes, produtos em curso de fabrico, produtos acabados e produtos enviados ou devolvidos pelo cliente ou pelo fornecedor. No procedimento são também descritas metodologias para o tratamento de não conformidades associadas aos pontos anteriormente mencionados. Na receção da Matéria-Prima (MP) Aeronáutica e de Produtos/Serviços Subcontratados é aplicável a metodologia indicada na Tabela 6.

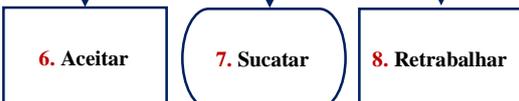
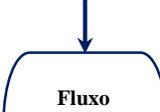
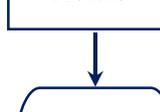
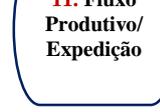
⁹ Por motivos de confidencialidade a referência ao procedimento não será mencionada.

Tabela 6 – Metodologia para o Tratamento de NC na receção da MP e de Produtos/Serviços Subcontratados. Adaptado de [31]

Fluxograma	Descrição das Atividades
	<p>1. Realização da receção técnica da matéria-prima ou de produtos/serviços subcontratados de acordo com as especificações de cliente e com o descrito no procedimento.</p>
	<p>2. Neste processo pode ser identificado material/produto cuja conformidade não esteja devidamente comprovada. Se a matéria-prima ou produto/serviço forem considerados conformes são identificados (etiquetagem) e ficam disponíveis para utilização.</p>
	<p>3. Caso seja necessário prosseguir com os materiais, estes são Aprovados Condicionalmente, efetua-se a sua liberação em SAP, identifica-se a Ordem de Produção com uma etiqueta de Material Aprovado Condicionalmente.</p>
	<p>4. A matéria-prima ou produto/serviço seguem o fluxo normal, seguindo como Aprovados Condicionalmente até que os critérios de conformidade sejam confirmados. Todo este processo ficará registado na Lista de Produto Aprovado Condicionalmente.</p>
	<p>5. Se não for possível que os anteriores sigam com a não conformidade é necessário identificá-los com a etiqueta de Matéria-prima Não Conforme e segregá-los na Zona de Quarentena.</p>
	<p>6. Proceder-se à abertura de um Relatório de Não Conformidade em SAP.</p>
	<p>7. O responsável pela Receção de Matéria-Prima Produto subcontratado da CAER, em colaboração com o QAS, analisa a origem da não conformidade. Se a responsabilidade for interna o tratamento da não conformidade é efetuado de acordo com o procedimento: "Ações Corretivas".</p>
	<p>8. Se esta for externa, serão desencadeadas ações de comunicação com o fornecedor para o participar da situação e solicitar um Plano de Ações. Esta comunicação será realizada através do envio de uma Reclamação ou RNC, por e-mail.</p>
	<p>9. O QAS realiza o acompanhamento das ações junto do fornecedor ou subcontratado, e analisa e aprova o Plano de Ações.</p>

Na deteção de Produto não Conforme é aplicada a metodologia da Tabela 7.

Tabela 7 – Metodologia para a Detecção de Produto Não Conforme.
Adaptado de [31]

Fluxograma	Descrição das Atividades
	<p>1. Quando a NC é detetada internamente no processo produtivo ou na expedição da CAER, a comunicação é de imediato dada pelo responsável da área à Metrologia. O operador/responsável identifica com a etiqueta CA211 e segrega o produto como Produto Suspeito, nos recipientes amarelos, indicados para o efeito.</p>
	<p>Após detetar-se a NC, deve ser parada a produção do PN e detetada de imediato a falha, com a ENG, PRD e QAS. Caso seja possível uma correção imediata da NC, identifica-se a alteração respetiva, com aprovação da ENG e recolhe-se toda a documentação associada e efetua-se a alteração, incluindo em SAP.</p>
	<p>Quando a NC é detetada pelo verificador da qualidade este identifica o produto como Produto não Conforme.</p>
	<p>2. Após a Detecção e Identificação do Produto NC, este deve ser segregado na Zona de Produto Não Conforme.</p>
	<p>A segregação do Produto NC deverá ser efetuada no armário localizado no Laboratório de Metrologia, caso sejam peças grandes, será utilizada a área de Quarentena. Deve ser criado o RNC no Software de Gestão e enviado logo após a redação aos Responsáveis para análise. Nota: No <i>software</i> de Gestão deve ser bloqueada a peça NC.</p>
	<p>3. A comunicação ao cliente deverá ser levada a cabo no prazo máximo de 48h após a deteção.</p>
	<p>4. Imediatamente após a deteção de um desvio devem ser implementadas Ações Imediatas seguindo o procedimento Ações Corretivas. O produto deverá ser devidamente identificado e segregado na área criada para o efeito.</p>
	<p>5. O tratamento da NC deverá ser levado a cabo de acordo com o Procedimento Ações Corretivas.</p>
	<p>6. Se o produto puder ser derogado será pedida autorização para tal, ao cliente. Se a derrogação for aceite e obtivermos autorização, procede-se ao seu registo na OP e no relatório de NC.</p>
	<p>7. Caso não exista possibilidade de retrabalho a peça terá que ser disposta no local destinado com a devida etiquetagem e identificação e posteriormente destruída (sucata).</p>
	<p>8. Se o produto não for aceite, avalia-se a possibilidade deste sofrer um retrabalho. Se o produto puder ser retrabalhado, pode ser necessário obter autorização da parte do cliente.</p>
	<p>9. Efetuar o retrabalho segundo uma ordem de retrabalho.</p>
	<p>10. e 11. Após as operações de retrabalho, o produto é verificado para comprovar que cumpre com os requisitos estabelecidos. Em seguida segue o Fluxo normal de expedição.</p>

Quando confirmada uma NC, ou quando a conformidade de alguma peça produzida é questionada durante o processo de produção, os colaboradores que se encontram nas

As peças identificadas como sendo Produto Suspeito são colocadas numa caixa amarela (Figura 56) no exterior do laboratório de Metrologia. Desta forma são facilmente visualizadas pela equipa de Metrologia que posteriormente procederá à inspeção das peças e eventualmente, à abertura de um Relatório de Não Conformidade (RNC). Posteriormente, conforme a metodologia descrita na Tabela 7, é decidido aceitar, retrabalhar ou sucatar o produto.



Figura 56 – Caixa amarela referente a Produto Suspeito.

Como já mencionado, uma vez registada a não conformidade no laboratório de Metrologia, os produtos não conformes são identificados (individualmente) através da etiqueta – CA208. Por norma este procedimento é efetuado pelo autor que cria o RNC, na plataforma SAP, tendo como objetivo manter a rastreabilidade durante todo o processo. O produto não conforme deve ser colocado na zona de não conformidades, no interior do laboratório (Figura 57), juntamente com o RNC gerado na plataforma SAP. Contudo, estes últimos requisitos não se encontravam devidamente claros na anterior versão do procedimento PC05.0_002.

Na plataforma SAP é possível atribuir quatro tipos de RNC: F1, F2, F3 e Z1. As não conformidades do tipo F1 dizem respeito a Clientes, F2 a Fornecedores, F3 a NC Internas e Z1 a Ações Preventivas/ Melhoria/Corretivas.

Verificou-se, ainda, que a descrição das não conformidades, em algumas peças, era pouco clara e não elucidava adequadamente o real problema da peça afetadas. Com vista a melhorar o processo efetuou-se uma ação de sensibilização, à equipa do laboratório de Metrologia, para proceder à identificação dos componentes não conformes, à impressão do relatório gerado na plataforma SAP e a se preencher o mesmo, com a descrição o mais completa possível da não conformidade apurada. Dentro desta descrição foi sugerido que fossem acrescentados os seguintes campos:

1. Tipo de OP (FAI ou Série);
2. Condições de Produção (Número da Máquina Ferramenta utilizada e o número do Colaborador responsável);
3. Data de Produção das peças.

O primeiro campo tem como objetivo apurar o estado do fluxo produtivo, para o PN dos componentes identificados como não conformes. Verificou-se que, se a peça fosse do tipo FAI, existia uma maior probabilidade da causa da não conformidade ser um erro de programação.

O segundo campo tem como finalidade identificar a necessidade de algum tipo de manutenção às máquinas ferramenta ou a necessidade de ações de sensibilização/formação para os colaboradores.

Por fim, a data da produção das peças é importante para a elaboração de um registo do histórico das não conformidades com o mesmo *Part Number*.

Na Figura 57 é apresentado o local de colocação das peças não conformes no laboratório.



Figura 57 – Zona de não conformidades no interior do laboratório.

Para além da introdução dos três campos mencionados na descrição da NC, acrescentou-se ainda mais alguns campos no local referente às causas e ações no RNC.

A plataforma SAP tem códigos de várias causas e ações corretivas pré-definidas, baseada numa norma¹⁰ de códigos de não conformidades aplicáveis à indústria aeronáutica. Contudo não existe um local devidamente identificado para se preencher com clareza a descrição das causas, as ações imediatas e corretivas e a eficácia das ações corretivas. Na plataforma SAP não se encontravam também definidas as ações imediatas, os responsáveis pelas ações e as datas de cumprimento e o campo relativo à eficácia da ação. Dessa forma procedeu-se à criação de um modelo, num documento de texto, para posteriormente ser colocado no Relatório de Não Conformidade, na plataforma SAP. O mesmo continha os seguintes campos:

1. *Causas associadas;*
2. *Ações Imediatas;*
3. *Ações Corretivas;*
4. *Responsáveis das Ações Corretivas;*
5. *Data de cumprimento;*
6. *Eficácia das Ações Corretivas.*

Ao longo do estágio foram detetadas falhas na elaboração da descrição dos RNC. Constatou-se, que cientificamente as representações dos valores de alguns tipos de cotas não se encontravam escritas corretamente, como se pode constatar no Anexo 5.

Nesse mesmo anexo apresentam-se também, as evidências da ocorrência da primeira das três ações de sensibilização realizadas junto dos colaboradores da Produção. A primeira foi realizada no dia 17 de dezembro, com o objetivo de se diminuir a reincidência, da colocação incorreta da matéria-prima, no interior das máquinas ferramenta.

Após a consulta inerente ao tratamento e gestão das não conformidades, propôs-se fazer um tratamento semanal às mesmas, de forma a se evitar num futuro próximo, não conformidades relacionadas com a mesma causa, e diminuir assim o tempo/custo provocado pelo não cumprimento dos requisitos.

A proposta foi aprovada, tendo-se passado a efetuar semanalmente reuniões de uma hora, tendo as mesmas sido iniciadas a 10 de dezembro de 2014. Nas reuniões, estão

¹⁰ Por motivos de confidencialidade a mesma não se encontra referenciada.

presentes os responsáveis das áreas da Produção, Engenharia, Qualidade e Produção Fabril, para a discussão das causas, das ações, dos responsáveis e o destino das peças não conformes. Também são preparadas apresentações, no *Microsoft Power Point*, com imagens e informações relativas às peças não conformes nomeadamente: descrição da não conformidade, número do material, ordem de produção, *Part Number*, quantidade total de peças da OP, total de peças não conformes e o tipo (FAI ou Série). Por fim, é ainda apresentada uma estatística semanal, do número total de peças inspecionadas no laboratório e do número total de peças não conformes. De referir que o *feedback* por parte dos responsáveis foi muito positivo. Quando na reunião semanal é colocada a possibilidade de as peças poderem ser retrabalhadas, as mesmas aguardam numa estante do laboratório, devidamente identificada, por uma ordem de retrabalho, emitida pelo departamento da Engenharia.

Quando as peças não têm hipótese de retrabalho, mas são peças de elevado valor monetário, possuindo, por exemplo, pequenos desvios na geometria, espessuras não conformes, furos fora das tolerâncias permitidas, ou furos realizados a mais ou em zonas incorretas, mas que possam não comprometer a sua utilização, as mesmas são colocadas na zona de Quarentena, devidamente identificadas. Nestes casos é necessário entrar em contacto com o cliente e enviar todas as informações relativas à não conformidade de forma a apurar-se se a peça é aceite ou rejeitada. No caso das peças da *Airbus*, as mesmas são colocadas num portal de tratamento de não conformidades, denominado Portal Hélice, onde serão analisadas pelos responsáveis da entidade correspondente.

Quando as peças não cumprem em definitivo com os requisitos pedidos pelo cliente e/ou se encontram danificadas, as mesmas são sucataadas num contentor devidamente identificado para o tipo de material a que correspondem (aço, titânio ou alumínio). Aconselhou-se também a que estas peças fossem danificadas/cortadas, de forma a evitar possíveis dúvidas ou desvios das mesmas.

Após um mês de tratamento às NCs, pretendeu-se disponibilizar informação estatística mais completa, nomeadamente o histórico de ocorrências de um dado *Part Number*. Dessa forma, foi necessário reunir informações sobre a recorrência de defeitos nos componentes e verificar se as causas associadas eram as mesmas, de forma a tentar definir ações corretivas mais eficazes. Procurou-se também alertar para a importância e impacto que as mesmas têm em questões de custos da não-qualidade. Através da plataforma SAP retirou-se uma lista de todos os PN, com o respetivo valor líquido unitário. Posteriormente, os mesmos passaram a ser também apresentados nas reuniões

semanais de forma a criar mais impacto e, sobretudo, para a importância do envolvimento de todos nesta tarefa.

Para se aumentar a produtividade das reuniões, assim como os resultados de um tratamento mais eficaz, decidiu-se que no momento em que uma não conformidade era aberta se iria reunir o máximo de informação sobre a mesma. Esta informação seria enviada através de uma mensagem por correio eletrónico para todos os envolvidos, tendo como objetivo implementar ações imediatas. Pretendeu-se, também, que os envolvidos fossem reunindo informações sobre as causas e ações da não conformidade e que as enviassem por mensagem eletrónica, possuindo a divulgação das NCs uma hiperligação para a mesma, ou que analisem posteriormente a mesma e levassem as causas e ações para a reunião.

Posteriormente, estabeleceu-se contacto com um dos colaboradores com elevados conhecimentos na linguagem de programação *C Sharp (C#)* para a possibilidade de criar um programa para a gestão de dados estatísticos das não conformidades. Face ao colaborador ter interesse na área e face ao mesmo futuramente ficar responsável pelo tratamento e gestão das NC, o programa foi concebido com os requisitos que se acharam necessários para simplificar todo o processo. Os resultados obtidos, nomeadamente os gráficos estatísticos semanais, eram impressos e afixados num quadro à entrada do laboratório, de forma a informar todos os colaboradores e visitantes, da situação face às não conformidades semanais. A Figura 58 mostra o respetivo quadro e os dados relativos da estatística semanal. No Anexo 5 são apresentadas imagens de um RNC, Folha de Produto Suspeito e dados estatísticos.



Figura 58 – Quadro com informações estatísticas.

Capítulo 5 – AVALIAÇÃO DO TRABALHO REALIZADO

5.1 CONCLUSÕES

Ao longo do presente estágio adquiriram-se e desenvolveram-se competências na área da Qualidade, Metrologia e do funcionamento estrutural de uma indústria.

Sendo a Caetano Aeronautic, certificada há pouco mais de um ano e meio para a produção de componentes metálicos, para a indústria aeronáutica, sentiu-se uma necessidade célere da empresa em crescer e em aumentar o seu fluxo de produção, sendo que essa necessidade surgiu desde a data do início do estágio. Constatou-se o mesmo, com a aquisição de duas novas máquinas ferramentas CNC e com a aquisição de uma nova Máquina de Medição por Coordenadas. A familiarização com o Sistema de Gestão da Qualidade implementado, nomeadamente do Manual da Qualidade, procedimentos internos, instruções e registos foi um processo bastante rápido e fluído.

Ao longo do relatório foram mostradas evidências do estudo de alguns documentos associados ao processo produtivo, sendo os documentos mais relevantes à equipa de Metrologia a Ordem de Produção (OP) e a Instrução de Verificação (IV) e os desenhos das peças. A OP menciona todas as normas aplicáveis à produção do componente, assim como todas as operações que o mesmo deve evidenciar e ser validado antes da entrega final ao cliente. A equipa de Metrologia tem a responsabilidade de efetuar a inspeção final da OP, assegurando que a peça não apresenta danos físicos e que todas as operações foram realizadas e validadas. Por sua vez, a IV é um documento que está associado à inspeção dos componentes, evidenciado as principais características a serem controladas, presentes nos desenhos, sendo um requisito por parte da *Airbus*.

Nos 7 meses estágio elaboraram-se cerca de 200 IVs, mas o fator de maior realce é o fato de o documento ter sido reformulado por duas vezes, durante o período de estágio.

Efetuar-se as melhorias já evidenciadas no Capítulo 4 — **INSPEÇÃO E**

METROLOGIA NA CAETANO AERONAUTIC, Ponto

4.1.2.3 INSTRUÇÃO DE VERIFICAÇÃO, do presente relatório, que se traduzem resumidamente numa maior organização, brio, eficácia, versatilidade e rapidez no processo de medição e também interpretação por parte dos clientes. Um dos desafios na realização das IVs foi a chegada dos desenhos técnicos com as dimensões das cotas em polegadas, tendo as mesmas de ser convertidas para o resultado final apresentado em milímetros. As alterações introduzidas às IVs mostraram-se neste processo muito úteis e o impacto das mudanças foi muito positivo.

Um dos objetivos do presente trabalho foi a resolução do tema das não conformidades, envolvendo este, um estudo aprofundado de normas associadas às não conformidades no sector aeronáutico. Conseguiu-se analisar e tratar todas as não conformidades em atraso, melhorou-se todo o processo implementado ao tratamento das mesmas, e acrescentou-se a comunicação por mensagem eletrónica, no momento em que fossem detetadas no laboratório, assim como dos colaboradores envolvidos.

Um outro objetivo a atingir foi a apresentação de um *layout* para o laboratório de Metrologia. Este pessoalmente foi um enorme desafio, pois pretendia-se que o mesmo tivesse uma lógica no processo de medição e fosse capaz de evitar possíveis desvios no fluxo de produção. Fez-se o levantamento das medidas de todos os bens móveis, incluindo os equipamentos e acessórios existentes no laboratório, de forma a ter uma representação o mais real possível do laboratório existente. Foi gratificante ver que a implementação do novo *layout* do laboratório teve resultados positivos no funcionamento do mesmo e foi apreciada pela equipa.

O tema dos equipamentos de medição também foi seguido por perto, tendo sido sempre que possível, sugeridas propostas de melhoria. Algumas dessas propostas foram implementadas, nomeadamente a impressão dos resultados no rugosímetro, a alteração do modelo do relatório de inspeção proveniente do *Metrolog XG*, assim como a aquisição de novas pontas de medição para o graminho e a exploração de outras medições possíveis com o mesmo. Sugeriu-se ainda a aquisição no futuro de micrómetros digitais, em substituição dos analógicos, face à frequente utilização dos mesmos e da necessidade de se obter resultados mais rapidamente, de forma a minimizar o tempo de medição.

Na gestão dos equipamentos de medição, EMM, sugeriu-se a possibilidade de a análise dos resultados da calibração ser efetuada pela entidade que calibra os equipamentos de medição, estando essa hipótese a ser analisada e discutida na presente data, fruto do aumento exponencial dos equipamentos, nomeadamente para a área de inspeção de materiais compósitos.

Uma outra análise efetuada e que se revelou fundamental nesta área é a correta interpretação dos desenhos das peças. Esta observação, inicialmente realizada em conjunto com os colegas da equipa com mais experiência, foi importante para adquirir conhecimento e experiência e saber identificar e definir, posteriormente, as cotas a serem controladas nas IVs, assim como os equipamentos para a medição das mesmas. Neste

processo, foi necessária também a consulta de livros sobre desenho técnico, e de algumas normas relacionadas com os desenhos na indústria aeronáutica. Algo que inicialmente se revelou menos evidente, foi apurar se os furos existentes numa determinada peça, diziam respeito a furos finais ou prévios, pois as tolerâncias são diferentes para ambas as situações. Por vezes foi necessário consultar outros documentos ou pedir mais informações ao cliente para a definição dos critérios dos mesmos.

A análise completa de um desenho, inicia-se pela definição das cotas a serem medidas na MMC e a serem controladas manualmente, a escolha dos equipamentos a serem utilizados, a consulta das normas e tolerâncias a aplicar às cotas e posteriormente a realização da Instrução de Verificação em que as mesmas são incluídas, foi algo que me deu uma enorme satisfação e motivou durante todo este processo.

É de salientar que um dos aspetos que se relevaram como mais importantes na inspeção de componentes aeronáuticos é a inspeção visual.

Na inspeção das peças, pós maquinadas, é fundamental saber identificar a correspondência entre um desenho e a peça correspondente e posteriormente identificar se a peça representada no desenho é a peça real ou a sua simétrica. Posteriormente é necessário apurar se a peça tem furos, contabilizá-los e identificar se a zona dos mesmos se encontra correta ou se apresenta outros desvios visualmente detetáveis. Para além desta análise é necessário também identificar, nas peças, os defeitos visuais. Estes defeitos podem ser provocados por marcas de ferramentas, rebarbas, arestas afiadas entre outros. Se estes defeitos fossem detetados, assim como se em alguma das zonas das peças houvesse excesso de material, as peças eram levadas à zona dos Acabamentos. Simultaneamente, era necessário reportar aos programadores da Engenharia o sucedido, para eventualmente alterarem os parâmetros de maquinação.

Na inspeção final das peças, pós tratamentos superficiais, é necessário também proceder a uma inspeção visual. É importante identificar se as peças, que chegam à Caetano Aeronautic, provenientes dos fornecedores, correspondem às peças enviadas, através de uma comparação das peças com o desenho, tendo atenção à possível troca com o *Part Number* simétrico. É necessário através do símbolo de marcação, presente no desenho, identificar se a peça foi devidamente marcada e se a identificação da mesma está feita de forma correta.

Por fim, e fazendo um balanço do trabalho desenvolvido ao longo dos 7 meses de estágio, na Caetano Aeronautic, considera-se que o mesmo resultou numa sucessão de

melhorias para a organização, tendo contribuído para o seu desenvolvimento e êxito. Os conhecimentos adquiridos na bagagem da licenciatura e mestrado em Engenharia de Instrumentação e Metrologia nas áreas de Metrologia dimensional, equipamentos de medição e desenho técnico mostraram-se uma mais-valia para uma adaptação mais célere à inspeção dos componentes metálicos.

Pela versatilidade dos diferentes trabalhos realizados e que foram descritos ao longo do presente relatório, considera-se que a oportunidade de trabalhar e introduzir melhoramento na área da Qualidade e Metrologia, o que de uma maneira ou de outra afeta todos os outros departamentos da CAER, assim como a oportunidade de adquirir e partilhar novos conhecimentos resultam numa série de benefícios repartidos para todas as partes envolvidas.

Como análise geral do estágio realizado, conclui-se que não foi uma caminhada imprudente ou pouco exigente, sendo oportuno parafrasear Eugénio de Andrade: «não há caminhos fáceis para quem é responsável». E a responsabilidade reflete-se, se não de qualquer outra forma, pelo menos no desejo de aprender e de saber sempre mais. Pessoalmente penso já naquele que será o próximo passo neste incessante percurso de formação. E as ideias teimam em não escassear...

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Para uma instituição, como a Caetano Aeronautic S.A, que se inclui na área industrial, nomeadamente na produção de componentes aeronáuticos, é fundamental que a mesma seja competitiva e que aumente continuamente o seu nível de produtividade. Nesse contexto, a Metrologia é um pilar primordial, permitindo que esses objetivos sejam logrados através de conhecimentos e práticas, no recurso a normas, requisitos e documentação aplicáveis e na utilização e gestão dos equipamentos de medição, que garantam o nível de qualidade pretendido.

As oportunidades de melhorias a serem implementadas, numa instituição que inicia os primeiros passos no mercado são imensas. Ao trabalho até aqui efetuado pretende-se dar continuidade, ambicionando-se, contudo, aprofundar os conhecimentos em todas as áreas relacionadas com a Metrologia e a Qualidade.

Um dos objetivos pessoais a desenvolver no futuro é explorar a programação do *software* de medição das Máquinas de Medição por Coordenadas, e fazer a medição dos

componentes de uma forma mais eficaz e autónoma. Este objetivo vai ao encontro também do pretendido pela Caetano Aeronautic.

A área dos Equipamentos de Monitorização e Medição é uma das áreas que também requer alguma atenção e em que é pretendido aumentar ainda mais os conhecimentos na mesma. Face a existir um número muito elevado de ficheiros, elaborados no *Microsoft Office Excel*, relacionados com os equipamentos, no futuro seria vantajosa a criação de uma base de dados para registo, uma vez que o número de equipamentos está a aumentar exponencialmente. Seria também aconselhável proceder à divisão dos equipamentos pelas diferentes áreas (metálicos, compósitos) e subáreas (produção, laboratório de Metrologia, etc.) o que permitiria uma gestão e consulta de informação sobre os mesmos muito flexível e facilitaria a resposta rápida aos pedidos de identificação de características de um dado equipamento. Um novo trabalho a ser concretizado no futuro seria a necessidade de melhorar a identificação dos equipamentos. A implementação de uma identificação por tipo de equipamento associado na identificação EMM seria algo que traria melhorias. A alteração do padrão atual com a sigla EMM, acompanhada por quatro dígitos (0001 a 0009), poderia apresentar-se da seguinte forma no caso dos equipamentos identificáveis serem os paquímetros: EMMP, ou EMMPAQ, e no caso de os micrómetros ser do tipo EMMM, ou EMMMIC, subdividindo-se os equipamentos por diferentes equipamentos. Este método permitiria uma gestão mais simples, nomeadamente no controlo dos mesmos.

A elaboração de uma base de dados para auxiliar a Inspeção Final, nomeadamente com imagens do local correto de marcação para cada *Part Number* dos componentes, com o tipo e formato da marcação realizada e outras informações adicionais relacionadas, por exemplo, com o tipo de tratamento, zonas de *massa*, componentes em conjuntos, poderia ser também bastante vantajosa e dissipar as dúvidas, no momento.

Por fim, a obtenção da homologação por parte da entidade Airbus, para a inspeção de componentes para a indústria aeronáutica é outro objetivo que se pretende alcançar. Para o mesmo é necessário o conhecimento e familiarização com normas associadas à inspeção aeronáutica, com vista à realização de um teste teórico, assim como a correta interpretação dos desenhos e da prática de medição, sendo a segunda componente de avaliação, a medição de um componente com algum grau de complexidade.

REFERÊNCIAS

- [1] Pavilhão do Conhecimento, Ciência Viva, <http://www.pavconhecimento.pt>, consultado a 10 de novembro de 2014;
- [2] ASD - *Aerospace & Defense Industries Associations of Europe*, “*Facts and Figures – 2013*”, <http://www.asd-europe.org>, consultado a 12 de novembro de 2014;
- [3] Aviação Comercial, <http://www.aviacaocomercial.net>, consultado a 14 de novembro de 2014;
- [4] Companhia de Aviação Boeing, <http://www.boeing.com>, consultado a 23 de novembro de 2014;
- [5] Companhia de Aviação Airbus, <http://www.airbus.com>, consultado a 23 de novembro de 2014;
- [6] Grupo Salvador Caetano, <http://www.gruposalvadorcaetano.pt>, consultado a 01 de dezembro de 2014;
- [7] *Manual de Acolhimento*, Grupo Salvador Caetano, 2014.
- [8] *Manual da Qualidade*, Caetano Aeronautic, Grupo Salvador Caetano, janeiro de 2015;
- [9] Glay, Aurélian - *Revista Negócios de Portugal* (página 8), novembro de 2013;
- [10] Guedes, Pedro – *Metrologia Industrial*, Lidel – edições técnicas, lda, outubro de 2011;
- [11] Sousa, Carlos – *A Metrologia em Laboratório Fabril*, setembro de 2014;
- [12] BIMP – *Bureau International des Poids et Mesures*, <http://www.bipm.org>, consultado a 12 de dezembro de 2014;
- [13] VIM – *Vocabulário Internacional de Metrologia*, IPQ, 2012;
- [14] IPQ – Instituto Português da Qualidade, <http://www1.ipq.pt>, consultado a 10 de janeiro de 2015;
- [15] Decreto-Lei n.º 138/2010, *Diário da República*, 1.ª série – N.º 234 – 3 de dezembro de 2010;
- [16] Ramos Pires, A. – *Sistemas de Gestão da Qualidade*, Edições Sílabo, 3ª ed., 2007;
- [17] NP EN ISO 9007, Norma Portuguesa, *Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos*, 2008;
- [18] Lourenço Ferreira, A., Luís Dalto, J., António Ferreira, M., Oliveira, R., - *Práticas de Gestão de Produção e Operações*, Edições Londrina, 1.ª ed., 2012;
- [19] OIML – *International Organization of Legal Metrology*, – *Planning of metrology and testing laboratories*, 7.ª ed., julho de 1989;
- [20] *Floorplanner*, <http://www.floorplanner.com>, consultado a 15 de janeiro de 2015;
- [21] Norma EN 9102, – *Aerospace series - Quality Systems - First Article Inspection*, abril de 2006;
- [22] *Exemplo de Ordem de Produção*, Caetano Aeronautic, Grupo Salvador Caetano, fevereiro de 2015;

- [23] Simões Morais, J., – *Desenho Técnico Básico*, Volume 3, Porto Editora, Lda, 26.ª ed., 2012;
- [24] NP EN ISO 9000:2005, Norma Portuguesa, *Sistemas de Gestão da Qualidade – Fundamentos e Vocabulário*, 2005;
- [25] Procedimento Interno (PC08.0_008.04), *Gestão de Equipamentos de Monitorização e Medição*, Caetano Aeronautic, Grupo Salvador Caetano, fevereiro de 2015;
- [26] *Ficha de Identificação do Equipamento EMM0174*, Caetano Aeronautic, Grupo Salvador Caetano, março de 2015;
- [27] *Plano de Calibração de EMM*, Caetano Aeronautic, Grupo Salvador Caetano, 2015;
- [28] K Leach, Richard, Good Practice Guide No. 37, *The Measurement of Surface Texture using Stylus Instruments*, National Physical Laboratory (NPL), fevereiro de 2014;
- [29] Flack, David, Good Practice Guide No. 37, *CMM Measurement Strategies*, National Physical Laboratory (NPL), maio de 2014;
- [30] Bell, Stephanie, Measurement Good Practice Guide No. 11 (Issue 2), *A Beginner's Guide to Uncertainty of Measurement*, National Physical Laboratory (NPL), março de 2001;
- [31] Procedimento Interno (PC05.0_002), *Controlo de Produto Não Conforme*, Caetano Aeronautic, Grupo Salvador Caetano, fevereiro de 2015.

ANEXOS

ANEXO 1 – *EFEITO DE ZANZIBAR*

Anexo 1 – EFEITO DE ZANZIBAR

Zanzibar é uma ilha situada no Oceano Índico, na Tanzânia.

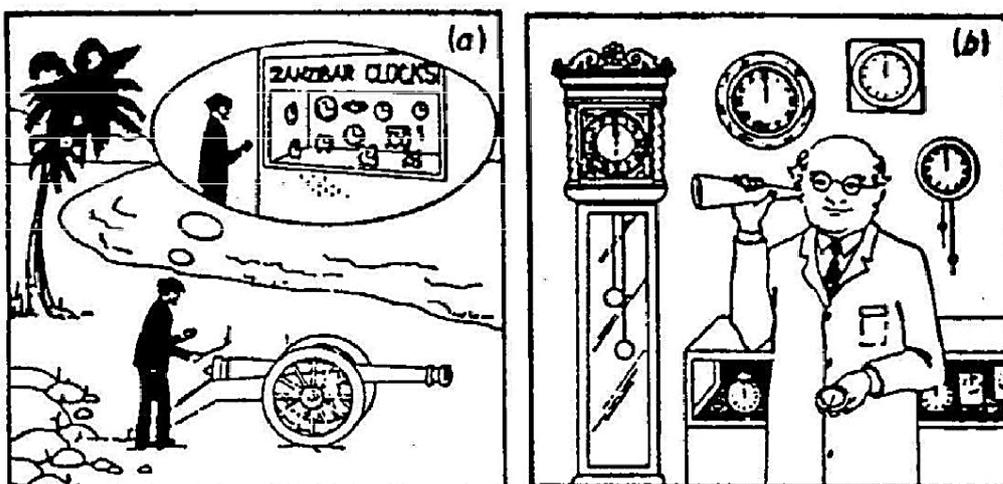
No século XIX, não era fácil acertar relógios, sendo geralmente feito através dos sinos das igrejas, mas isto na Europa.

Em África, particularmente em Zanzibar, não havia naquela altura sino que avisasse a população das horas. Foi então que um capitão reformado, que tinha ao seu dispor um canhão e bastante pólvora, resolveu passar a disparar um tiro de canhão ao meio-dia, para que todos na região pudessem acertar os seus relógios.

Para assegurar a “hora certa”, o capitão deslocava-se ao relojoeiro da ilha e aí acertava o seu relógio.

O relojoeiro, pessoa também preocupada com a exatidão dos seus relógios, acertava-os ao ouvir o tiro de canhão, que por ser bastante longe o obrigava a utilizar um auxiliar auditivo.

Não é claro na história o que aconteceu, mas é de crer que o capitão um dia começou a desconfiar do seu relógio, quando ao disparar o canhão verificou que o sol já se estava a pôr.



Fonte: B.W. PB.W. Petley, 1985,
The Fundamental Physical Constants and the Frontier of Measurement (Hilger).

ANEXO 2 – INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Anexo 2 – EXEMPLO DE UMA INSTRUÇÃO DE TRABALHO



CASTANO AERONAUTIC
SOLUÇÕES EM AERONÁUTICA

Instrução de Trabalho
IT_01.00

Tipo:

Objetivo:

Âmbito:

Part Number:

Designação:

Documentos Aplicáveis

Desenho:

AP1



Observações: Apertar o bloco (190x170x16) por 5mm na prensa 5 eixos. Zero peça ao centro e topo do bloco. (OPERAÇÃO 3EIXOS COM G55) **NÃO APERTAR COM MUITA FORÇA A PEÇA PARA NÃO EMPENAR**

Programa	Nº Ferramenta	Designação	Z Máximo	Descrição
_PGM_01_00.MC	T01	ROCA Ø 52 R0,4	20mm	DESBASTE
	T20	FRESA Ø 20 HPC	20mm	DESBASTE
	T09	BROCA Ø 6 MD	20mm	FURAÇÃO

Elaborado por

CA036

Aprovado por


ENG


ENG

1/2



Tipo: **Machucagem**

Objetivo: **Definir a sequência de maquiagem.**

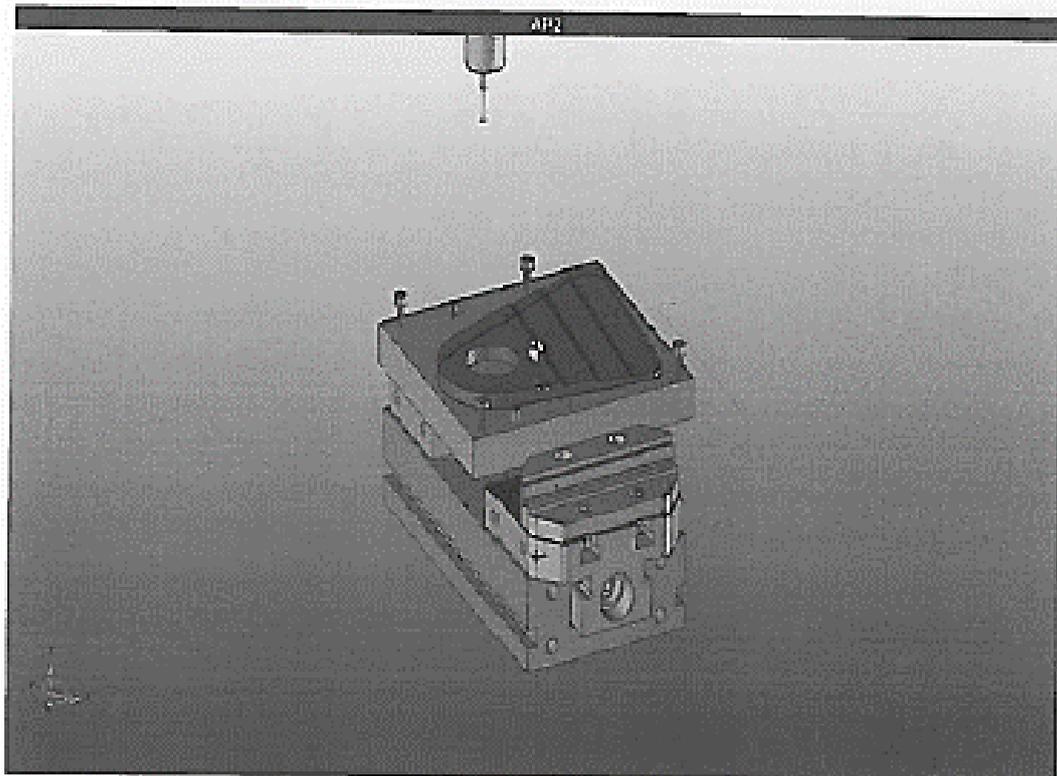
Âmbito: **Aplicável nos CM CMC 0001, 0002, 0003**

Part Number: [Redacted]

Designação: [Redacted]

Documentos Aprovados:

Desenho: **DRW-02 INDEE-C**



Observações: Colocar MAP (FRON- [Redacted] na prensa Seixos com as cavilhas 6H7 para X+. A peça é colocada numa única posição posicionada por 2 cavilhas e 4 parafusos M6. ZERO PEÇA AO CENTRO E TOPO DO MAP. (OPERAÇÃO SEIXOS COM G55)

Programa	Nº Ferramenta	Operação	Tamanho	Intenção
JGM_02_00.NC	T18	FRESA Ø 12 HPC	25mm	DESBASTE
	T22	FRESA Ø 8 ESF	25mm	ACAB. RAIO
	T17	FRESA TOPO Ø 12	25mm	ACABAMENTO
	T14	FRESA TOPO Ø 6	25mm	ACABAMENTO

ANEXO 3 – INSTRUÇÃO DE VERIFICAÇÃO

Anexo 3– EXEMPLO DE INSTRUÇÕES DE VERIFICAÇÃO

De seguida são apresentadas as páginas de uma Instrução de Verificação da versão 00, sendo posteriormente apresentada a versão 02 da mesma.



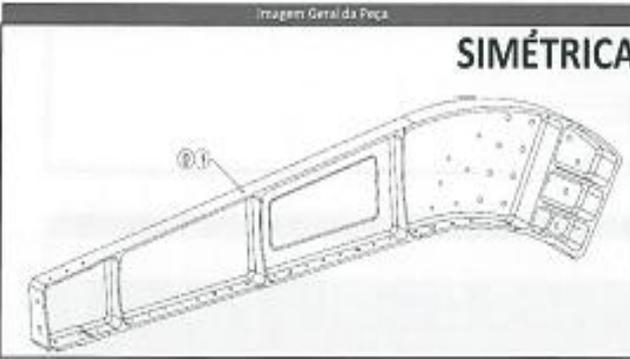
CAERTAS AERONAUTIC
Soluções Aeroespaciais (Airway)

INSTRUÇÃO DE VERIFICAÇÃO

J31V_01_001

Tipo	Medição		Elaborado por	NCA
Objetivo	Instrução para orientar a verificação final de peça.		Aprovado por	MR
Âmbito	Aplicável a componentes metálicos produzidos pela CAER.			
Part Number				
Designação				

Normas Aplicáveis	Documentos Aplicáveis
ABD0001 / ABD0002	Plano

Imagem Geral da Peça	Observações
	<p>1. Fabricar segundo o plano.</p> <p>2. Seguir Procedimento Controlado Produto não Conforme para peças NÃO Conformes.</p>

Atributos			
IDENTIFICABLE	Não	REEMPLAZABLE	Não
INTERCAMBIALE	Não	CLASE SEGURIDAD 1	Não
SERIALABLE	Não		

INSPEÇÃO IPA

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

Controlar os pontos de superfície, a partir do modelo CAD, em todas as peças na CMM (Máquina Tridimensional). Aplicar tolerância de 0,2mm. Controlar também o posicionamento dos furos com a tridimensional.
Controlar todas as características apresentadas no ponto: INSPEÇÃO SÉRIE -> Fase 2 - Furos; Fase 3 - Medição de Cotas Gerais e Fase 4 - Características Extra.
Inspeção a 100%.

INSPEÇÃO SÉRIE

Fase 1 - Inspeção Visual

Inspeccionar visualmente as peças para comprovar que não apresentam defeitos nem outros desvios detetáveis visualmente.
(Riscos; Rebarbas; Marcas de ferramentas; Gretas)
Inspeção a 100%.

Resultado Inspeção Visual

--	--

CA037
4/5

INSTRUÇÃO DE VERIFICAÇÃO

IV_01_00

Tipo: **Medição**



Elaborado por: **NCA**

Objetivo: Instrução para orientar a verificação final da peça.

Revisado por: **MR**

Âmbito: Aplicável a componentes metálicos produzidos pela CAER.



Part Number: _____
 Designação: _____

Fase 2 - Furos

Inspeção a 100%
 Verificar furos:

Quantidade:	22 furos
Dímetro:	2,5 mm ± 0,2 mm
Equipamento:	Paquímetro
Quantidade:	13 furos
Dímetro:	3,5 mm ± 0,2 mm
Equipamento:	Paquímetro
Quantidade:	17 furos
Dímetro:	4,8 mm ± 0,2 mm
Equipamento:	Paquímetro

Fase 3 - Medição de Cotas Gerais

	EMM	Secção do desenho	Tipo de Cota	Valor do Lado mais Curto (mm)	Valor Teórico (mm)	Limite Inferior (mm)	Limite Superior (mm)	Min.	Max.
1	PAQ	Q-21	Espessura de Paredes, Furos e Almas	-	28,4	28,2	28,5		
2	PAQ	Q-16	Espessura de Paredes, Furos e Almas	-	23,5	23,3	23,6		
3	PAQ	Q-13	Espessura de Paredes, Furos e Almas	-	24,5	24,3	24,6		
4	PAQ	Q-5	Espessura de Paredes, Furos e Almas	-	33,2	33,0	33,3		
5	PAQ	M-20	Espessura de Paredes, Furos e Almas	-	2,5	2,3	2,6		
6	PAQ	M-19	Espessura de Paredes, Furos e Almas	-	3,0	2,8	3,1		
7	PAQ	M-19	Espessura de Paredes, Furos e Almas	-	5,0	4,8	5,1		
8	PAQ	L-18	Espessura de Paredes, Furos e Almas	-	4,0	3,8	4,1		
9	PAQ	N-18	Espessura de Paredes, Furos e Almas	-	2,0	1,8	2,1		
10	PAQ	M-18	Espessura de Paredes, Furos e Almas	-	2,0	1,8	2,1		

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.

QAS 07/AC/14

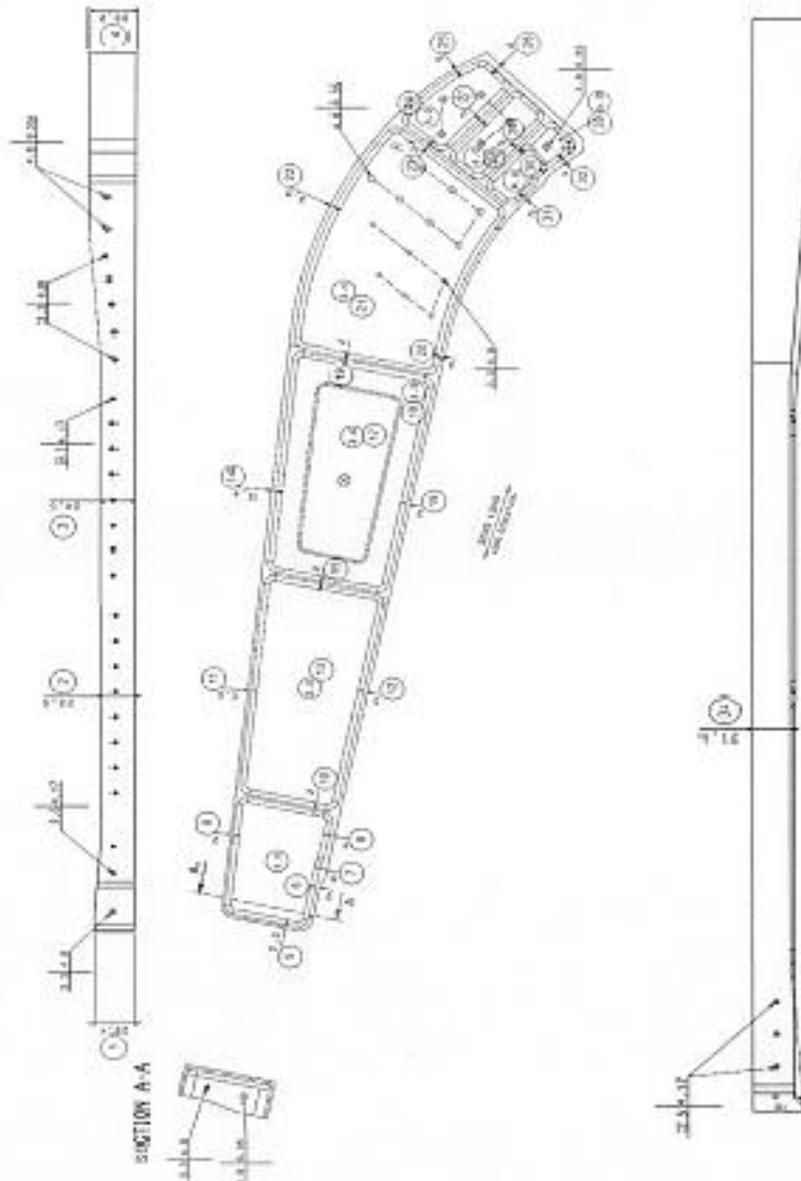
Elaborado por NCA

Aprovado por MR

QAS 07/AC/14

Part Number _____
Designação _____

ANEXO



IV W	Rev. Issue	P/N Afetados Affected P/N	OP Production Order	Pág. Page
.IV_01	00	*		1/7

Registo de revisões | Record of Revisions

Rev. Issue	Data Date	Motivo de modificação Change Reason	Elaborado Author Pedro Santos (PSS)	Aprovado Approved Jorge Rodrigues (JR)
00		Emissão 1ª Issue		

Características da IV | IV Characteristics

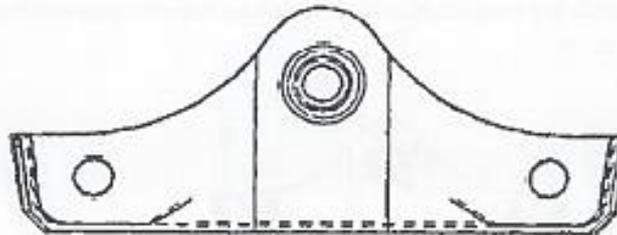
Tipo Type	Atributos Attributes			
	Identificável Identifiable	Seriável Serializable	Intercambiável Interchangeable	Classe Segurança Security Class
Medição e Inspeção Visual Measurement and Visual Inspection	Não / No	Não / No	Não / No	Não / No

Documentação aplicável | Applicable documentation

Documento Document	Rev. Issue	Descrição Description
DMW:	-	Modelo 2D 2D Model
LP:	A	Lista de Peças Parts List
DL:	-	Lista de Dados Data List
IF:	A	Instrução de Fabricação Manufacturing Document

Imagem geral da peça | Overview of the part

iso view


Características a controlar | Characteristics to verify

Verificar as formas, contornos, arestas afiadas, dimensões das peças e as operações na presente Instrução de Verificação. Registrar os valores e carimbar nas tabelas de registos correspondentes às operações desta IV.

As inspeções são realizadas depois de todas as operações de maquinaria, em produção série, para controlo da qualidade do produto.

Nas primeiras peças inspeccionadas (PAI), controlar os pontos de superfície das peças, a partir do modelo CAD, na Máquina de Medição por Coordenadas (MMC) e aplicar a tolerância de $\pm 0,2$ mm. Controlar, também, o posicionamento dos furos na MMC, assim como, as restantes cotas geométricas. Os resultados das medições na MMC constarão no Relatório de Inspeção. As restantes dimensões, das Peças PAI, devem ser inspeccionadas na presente Instrução de Verificação.

Nota:

Para peças com valores fora de tolerância deverá ser seguido o procedimento Controlo do Produto Não Conforme, registando o número de Não Conformidade na Ordem de Produção, no campo correspondente à operação de Verificação Dimensional Interna.

Verify the shapes, contours, sharp edges, dimensions in parts and the operations in this Verification Instruction. Place the values and stamp into the corresponding tables, in the operations, of this IV.

Inspections will be carried out after machining of all parts, in series production, for product quality control.

In the first inspected articles (FAI), controlling the points of the surface of parts, from the CAD model, in the Coordinate Measuring Machine (CMM) and apply a tolerance of ± 0.2 mm. Control also the positioning of the holes in the MMC, as well as the other geometric dimensions. The measurement results in CMM will be included in the Inspection Report. The remaining dimensions of FAI parts must be inspected in this Verification Instruction.

Nota:

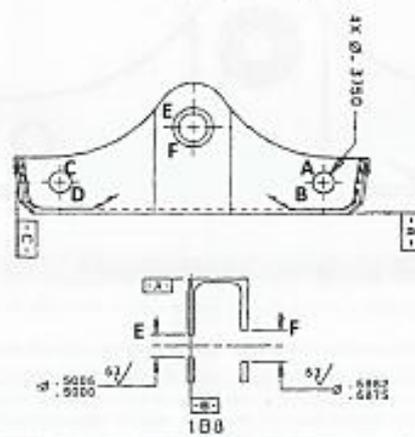
For parts with values out of tolerance should be followed the procedure of Nonconforming Product Control, recording the number of Non Conformity in the Order of Production, in the field corresponding to operation of internal Verification Dimensional.

IV VI	Rev. Issue	P/N Afetados Affected P/N	Pág. Page
.IV_01	00	•	2/7

Inspecção Série | Serie Inspection

Op. Nº	Características a controlar Characteristics to verify	Meios de controlo Control means
010	<p>INSPEÇÃO VISUAL VISUAL INSPECTION</p> <p>Inspeccionar visualmente as peças para comprovar que não apresentam defeitos nem outros desvios detetáveis visualmente (Riscos; Arestas afiadas; Marcas de ferramentas). Arestas quebradas entre 0,51 e 0,76 mm.</p> <p>Visually inspect parts to prove that there is no defects or other detectable deviations visually (Risk; Sharp Edges; Tool marks). Round of edges between 0,51 and 0,76 mm.</p>	<p>INSPEÇÃO VISUAL</p> <p>VISUAL INSPECTION</p>
<p>Observações Remarks</p>		<p>Conforme Conforming (Carimbo Stamp)</p>

020	<p>VERIFICAÇÃO DE FUROS HOLES CHECK</p> <p>Verificar a realização dos Furos, de acordo com a figura abaixo. Indicar o resultado da medição dos furos.</p> <p>Check that Tooling Holes have been drilled, according to the following image. Indicate the measurement result of the holes.</p>	<p>MICRÓMETRO INTERIORES</p> <p>PAQUÍMETRO</p> <p>INSIDE MICROMETER</p> <p>CALIPER</p>
-----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------



Zona Zone	Nominal (inc)	Nominal (mm)	Min. (mm)	Max. (mm)	Real (mm)	N.º do Equipamento de Medição Number of Measurement Equipment	Conforme Conformed (Carimbo Stamp)
A, B, C, D	+0,03 4x Ø 0,3750 -0,03	+0,76 4x Ø 9,52 -0,76	8,76	10,28			
E	+0,0003 0,5003 -0,0003	+0,007 12,708 -0,008	12,700	12,715			
F	+0,00035 0,68785 -0,00015	+0,009 17,471 -0,009	17,462	17,480			

IV W	Rev. Issue	P/N Afetados Affected P/N	OP Production Order	Pág. Page
JV_01	00	.		7/7

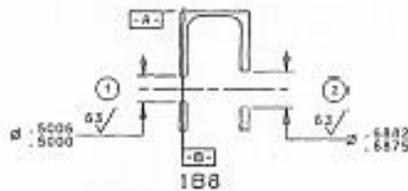
Inspeção Série | Serie Inspection

Op. Nº	Características a controlar Characteristics to verify	Meios de controle Control means
--------	----------------------------------------------------------	------------------------------------

**070 COMPROVAÇÃO DA RUGOSIDADE
ROUGHNESS CHECK**

Fazer varredura para comprovação da rugosidade no interior dos furos e na peça de acordo com a figura abaixo. Indicar o resultado da medição.

Check holes roughness in the numbered zones and in the part in the following image. Indicate the measurement result.



Zona Zone	Nominal (µm)	Nominal (µm)	Min. (µm)	Max. (µm)	Real (µm)	N.º do Equipamento de Medição Number of Measurement Equipment	Conforme Conformed (Carimbo Stamp)
1	63	1,600	0	1,600			
2	63	1,600	0	1,600			
-	125	3,2	0	3,2			

**080 VERIFICAÇÃO DA TEMPERATURA E HUMIDADE
CHECK TEMPERATURE AND HUMIDITY**

Verificar a temperatura e a humidade relativa do laboratório, onde foram realizadas todas as operações anteriores nesta IV. Indicar os valores registados no Termo-higrómetro.

Check the temperature and relative humidity in laboratory, where all operations of this IV was realized. Indicate the values registered by Thermo-hygrometer.

Nominal		Min.	Max.	Real	N.º do Equipamento de Medição Number of Measurement Equipment	Conforme Conformed (Carimbo Stamp)
68,0 °F +1,8 -1,8	20,0 °C +1,0 -1,0	19,0 °C	21,0 °C	°C		
45,0 % +10,0 -10,0	35,0 %	55,0 %	%			

ANEXO 4 – RELATÓRIO FAI – MMC

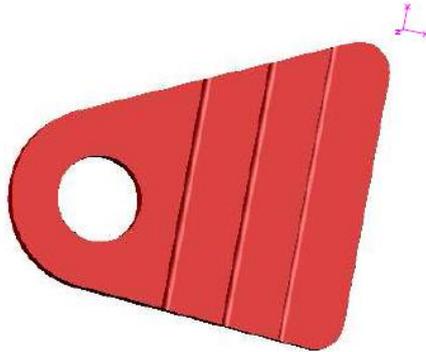
Anexo 4 – EXEMPLO DE UM RELATÓRIO FAI – MMC

De seguida são apresentadas as páginas de um Relatório de Inspeção, antes das recomendações implementadas.



CAETANO AERONAUTIC
GRUPO SALVADOR CAETANO

Relatório de Inspeção
Maria Rodrigues - Z11010



Nº de série da peça: 7100001341-001
Part-Number:
Nome:
IV:

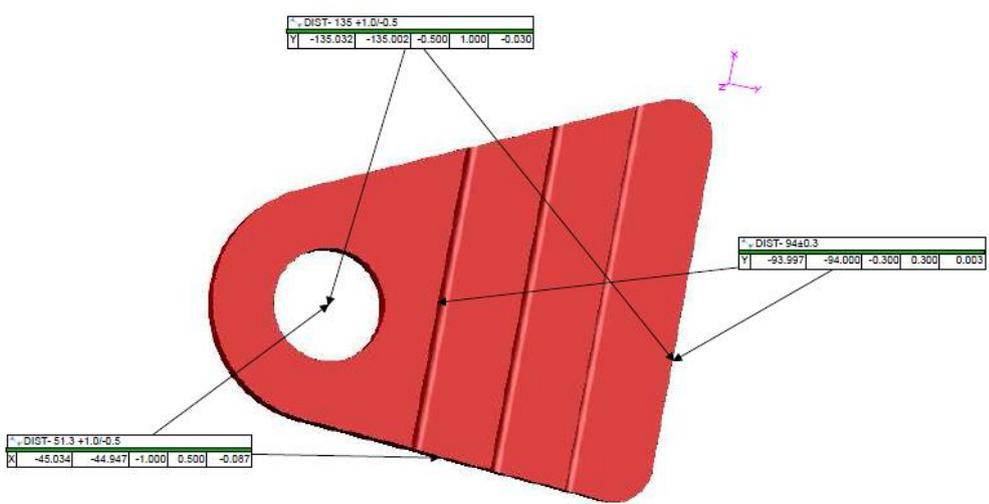
Nº OP: 7100001341
Nº Relatório:

Metrologia Group - M8 1250.XG 13

Pág: 1 / 8

Nº OP: 7100001341
Nº Relatório: 7100001341.RI_0001

Relatório de Inspeção



DIST-135 +1.0/-0.5					
Y	-135.032	-135.002	-0.500	1.000	-0.030

DIST-51.3 +1.0/-0.5					
X	-45.034	-44.947	-1.000	0.500	-0.087

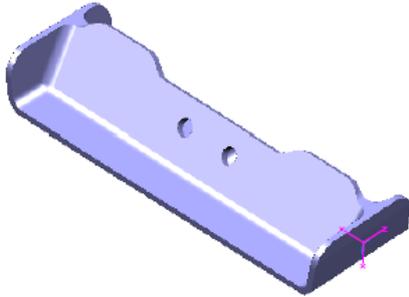
DIST-94.0.3					
Y	-93.997	-94.000	-0.300	0.300	0.003

Metrologia Group - M8 1250.XG 13

Pág: 2 / 8

Abaixo, são apresentadas as alterações efetuadas ao *Layout* do Relatório de Inspeção.

Relatório de Inspeção / Inspection Report
CMM - EMM0114

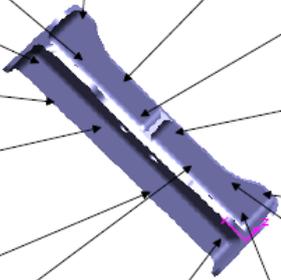


PN / Part-Number: _____ IV / Verification Instruction: _____
 Nome / Designation: _____ Nº Relatório / Report Nr.: _____
 Nº OP / Production Order: _____ Medido por / Author: _____
 N.º Série / Serial Number: _____ Data / Date: _____

Metrologic Group - M8.1250.XG 14 Pág: 1 / 23

Relatório de Inspeção

Nº OP: 1002053
Nº Relatório: 1002053-001.RI_0001



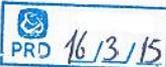
SUP	Real	Nominal	Desvio	Tendência
SUP11	N.D.	-0.093	0.000	-0.093
SUP13	N.D.	-0.086	0.000	-0.086
SUP12	N.D.	-0.101	0.000	-0.101
SUP14	N.D.	-0.081	0.000	-0.081
SUP15	N.D.	-0.080	0.000	-0.080
SUP10	N.D.	-0.073	0.000	-0.073
SUP16	N.D.	-0.075	0.000	-0.075
SUP9	N.D.	-0.072	0.000	-0.072
SUP20	N.D.	-0.087	0.000	-0.087
SUP8	N.D.	-0.049	0.000	-0.049
SUP17	N.D.	-0.104	0.000	-0.104
SUP7	N.D.	-0.068	0.000	-0.068
SUP19	N.D.	-0.083	0.000	-0.083
SUP18	N.D.	-0.085	0.000	-0.085

Metrologic Group - M8.1250.XG 14 Pág: 2 / 23

ANEXO 5 – DOCUMENTOS ASSOCIADOS ÀS NÃO
CONFORMIDADES

Anexo 5 – EXEMPLO DE DOCUMENTOS ASSOCIADOS ÀS NÃO CONFORMIDADES

Preenchimento do Impresso CA208 – *Tratamento Produto Suspeito*, por parte de um colaborador do departamento da Produção.

Descrição do PN e OP	
OP: 7100002178	
PN:	
Quantidade Total: -6-	
Descrição dos Defeitos	
Quantidade Afectada	Descrição do Defeito
-1-	PAREDE DA PEÇA DANIFICADA .
Causa associada	
A PEÇA RODOU LIGEIRAMENTE , DA MESA DE VÁCUO , devido a AUSÊNCIA DE CAVILHAS .	
Sugestão de Correção/Melhoria	
A PEÇA ESTÁ SOMENTE FIXA PELO VÁCUO . DEVERIA LEVAR 2 CAVILHAS , PARA EVITAR RODAR .	

Preenchimento do Relatório de Não Conformidade, antes das alterações efetuadas.

 CAETANO AERONAUTIC <small>GRUPO SALVADOR CAETANO</small>		
28.08.2014	Relatório de Não Conformidade	Cópia 2
<i>Nota</i>	200000510	<i>Tipo de nota</i> F3
<i>Destino Peça</i>	Sucatar / Scrap	<i>Interna</i>
<i>Descrição</i>	Requisito dimensional não conforme	
<i>Prioridade</i>	QM 4	4-Baixo
<i>Autor da nota</i>		<i>Data da nota</i> 25.08.2014
<i>Hora da nota</i>	10:44:23	
<i>Data de início</i>	27.08.2014	<i>Data fim</i> 08.09.2014
<i>Hora de início</i>	10:44:23	<i>Hora fim</i> 10:44:23
<i>Utilizador</i>	CAER1010	Rodrigues
<i>Material</i>	200000206	95-62504-0601 SUPPORT
<i>Dados apar.</i>		
<i>Nº referência</i>		<i>Nº de modelo</i>
<i>Ordem de produção</i>	7100000955	
<i>Ord.prod.rep.</i>		
<i>Lote</i>	7100000955	
<i>Nº de série</i>	7100000955-004	
<i>Nível revisão</i>	B	
<i>Qtd.reclamada</i>	1 UN	
A espessura de 2.5mm de uma das abas, está com 2.14mm.		
<i>Detalhe item</i>	0001	
<i>Problema</i>	DEFCAER D16	Requisitos dimensionais fora de tolerânc
<i>Parte de objeto</i>	LOCDEF L1	Peça
<i>Texto</i>		
<i>Classificação</i>		
<i>Causa</i>	C3 C34	Material handling error
<i>Texto da causa</i>		
A peça foi mal posicionada na máquina.		
<i>Ação</i>	A3 A31	Training performed
<i>Texto da ação</i>		
<i>Fim</i>	28.08.2014 14:35:25	
CA808		Página 1/ 2



28.08.2014

Relatório de Não Conformidade

Cópia 2

Os colaboradores da área da produção serão convocados para uma reunião em que serão sensibilizados para os cuidados a ter no posicionamento das peças na máquina.

Fim do relatório

Autor

Envolvidos

Anexos

SIM

NÃO

Preenchimento do Relatório de Não Conformidade, depois das alterações efetuadas.

 CAETANO AERONAUTIC GRUPO SALVADOR CAETANO			
17.04.2015		Relatório de Não Conformidade	
		Cópia	3
<i>Nota</i>	200000990	<i>Tipo de nota</i>	F3
<i>Destino Peça</i>	Sucatar / Scrap	<i>Interna</i>	
<i>Descrição</i>	Requisito Dimensional Não-Conforme		
<i>Prioridade</i>	QM 4	4-Baixo	
<i>Autor da nota</i>		<i>Data da nota</i>	06.04.2015
<i>Hora da nota</i>	17:17:24	<i>Data fim</i>	20.04.2015
<i>Data de início</i>	08.04.2015	<i>Hora fim</i>	17:17:24
<i>Hora de início</i>	17:17:24		
<i>Utilizador</i>	CAER1028	Amáro	
<i>Material</i>	200000958	V5537147120900 RIB 2 TIE P14 RH	
<i>Dados apar.</i>			
<i>Nº referência</i>		<i>Nº de modelo</i>	
<i>Ordem de produção</i>	7100002191		
<i>Ord.prod.rep.</i>			
<i>Lote</i>	7100002191		
<i>Nº de série</i>	7100002191-005		
<i>Nível revisão</i>	A		
<i>Qtd.reclamada</i>	1 UN		
<p>A Peça 005 encontra-se com uma cota, referente a uma espessura, fora da tolerância. Valor Nominal: 2,5 ± 0,15 mm; Valor Real: 2,26 mm.</p> <p>Na zona onde se encontra a cota não conforme, verifica-se uma marca de uma ferramenta que não é visível nas restantes 4 peças da Ordem de Produção.</p> <p>Condições de Produção: Sem CNC identificada / Z11051 (Carimbo na OP e na etiqueta da peça) e Z11030 (Carimbo na etiqueta da peça); Data de Produção: 19-03-2015</p>			
Detalhe item	0001		
<i>Problema</i>	DEFCAER	D16	Requisitos dimensionais fora de tolerânc
<i>Parte de objeto</i>	LOCDEF L1		Peça
<i>Texto</i>			
<i>Classificação</i>			
<i>Causa</i>	C1 C13		Tool related
<i>Texto da causa</i>			
<small>CAR08</small>		<small>Página 11 2</small>	



17.04.2015

Relatório de Não Conformidade

Cópia 3

Causas associadas:

1 - Parâmetros de programação errados durante a primeira produção.

<i>Ação</i>	A1	A14	Program corrected
<i>Texto da ação</i>			
<i>Fim</i>	17.04.2015	12:09:14	

Ações Imediatas:

1 - Sucatar peça.

Ações Corretivas:

1 - Correção dos parâmetros do programa (Já implementado)
2 - Evitar produzir FAI's e séries ao mesmo tempo.

Responsáveis das Ações Corretivas: Hugo Almeida (Z11008)

Data cumprimento:
AC1 - ___/___/2015

Eficácia das Ações Corretivas:

Fim do relatório

Autor

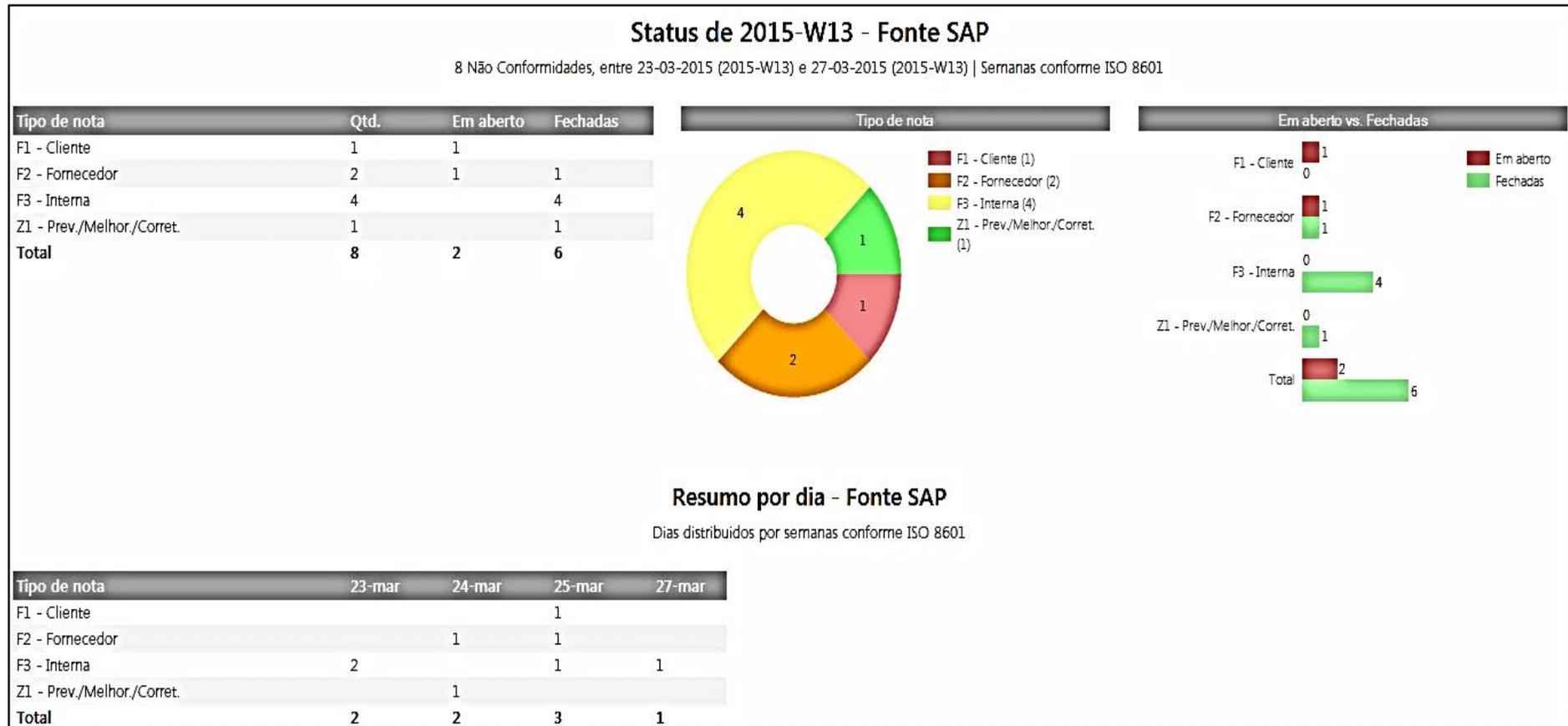
Envolvidos

Anexos

SIM

NÃO

Estatística elaboradas e apresentadas na reunião semanal e atualizadas semanalmente no quadro à entrada do laboratório de Metrologia.



Pela estatística anterior constata-se que durante a semana 13 do ano de 2015, se registou um total de oito não conformidades. Uma NC foi aberta ao Cliente (F1), duas foram abertas aos Fornecedores (F2), quatro foram registadas internamente (F3), tendo-se ainda efetuado uma folha de Ações Preventivas/Melhoria/Corretivas (Z3). Apresenta-se ainda informação relativa às NC abertas e fechadas.