



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Cristiana Vera Araújo Ferreira

**Uniformização de processos num
laboratório de metrologia**

Tese de Mestrado

Mestrado em Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação da
Professora Doutora Isabel da Silva Lopes

Novembro de 2017

DECLARAÇÃO

Nome: Cristiana Vera Araújo Ferreira

Endereço eletrónico: cristiana.vera@hotmail.com Telefone: 916448751

Número do Bilhete de Identidade: 13804933

Título da dissertação:

Uniformização de processos num laboratório de metrologia

Orientador(es):

Isabel da Silva Lopes

Ano de conclusão: 2017

Designação do Mestrado: Mestrado em Engenharia Industrial

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

A todas as pessoas que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a realização desta dissertação de mestrado expresso o meu mais sincero agradecimento.

À Professora Doutora Isabel da Silva Lopes, orientadora científica desta dissertação, agradeço todo o conhecimento que contribuiu para a realização deste trabalho, bem como todo o apoio e disponibilidade ao longo dos últimos meses.

Ao Grupo Bosch agradeço a oportunidade que me deram para mostrar o meu valor e poder fazer parte da sua equipa, acreditando que poderia contribuir com o meu conhecimento para a melhoria e avanço da secção de metrologia, parte integrante da empresa.

Ao Laboratório de Metrologia agradeço todo o suporte dado, tanto a nível de conhecimento técnico bem como de equipamentos disponibilizados para a realização do projeto. A toda a equipa que me acompanhou durante esta etapa agradeço todo o suporte dado, paciência durante a fase de aprendizagem e acima de tudo a sua hospitalidade e boa disposição diária que tornou tudo mais fácil.

À minha família que sempre me apoiou em todas as decisões e que sempre acreditou que conseguiria concluir este desafio com sucesso, dando todo o suporte que necessitei, principalmente nos momentos mais exaustivos desta etapa da minha vida, um obrigada do fundo do coração.

Aos meus amigos agradeço a amizade ao longo de todo este tempo e também pelos bons momentos que me proporcionaram, dando-me ânimo e força na travessia desta jornada.

Obrigada a todos!

RESUMO

A qualidade de conformidade é um requisito essencial dos produtos. No entanto, os requisitos de qualidade nem sempre são alcançados e as empresas acabam por fornecer produtos fora das especificações mínimas exigidas pelos clientes. Deste modo, a medição tornou-se fundamental para o controlo e validação da conformidade de um produto através da análise das suas especificações técnicas. Foi desta forma que surgiu a importância da metrologia para o processo de controlo da qualidade.

O presente trabalho insere-se num projeto de investigação-ação relativo à “*Uniformização de processos num laboratório de metrologia*”. O principal objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de métodos de standardização para o laboratório, nomeadamente para o processo de medição em máquinas de medir por coordenadas. Foram implementadas melhorias na gestão da ocupação dos equipamentos tridimensionais e diagnosticado o seu progresso. Realizaram-se também estudos Gage R&R para a verificação da capacidade e estabilidade do sistema de medição após a implementação dos métodos de standardização propostos.

Este trabalho possibilitou não só a melhoria de tempos do processo de medição e da gestão ocupacional dos equipamentos tridimensionais, como também melhorou a rentabilidade das tarefas de trabalho e a eficiência dos estudos dimensionais realizados no laboratório.

PALAVRAS-CHAVE

Gestão da qualidade; Metrologia; Máquinas de medição por coordenadas; Abordagem por processos; Normalização.

ABSTRACT

Quality of conformity is an essential requirement of the products. However, quality requirements are not always achieved and companies end up delivering products outside the minimum specifications required by customers. Due to this, measurement has become essential for the control and validation of a product conformity by analyzing its technical specifications. Consequently, the importance of metrology for the quality control process emerged.

The present work is part of an action-research project on the “*Standardization of processes in a metrology laboratory*”. The main objective of this work was the development of standardization methods for the laboratory, namely for the measurement process in coordinate measuring machines. Improvements in the occupation management of three-dimensional equipment were implemented and their progress evaluated. Gage R&R studies were also carried out to verify the capacity and stability of the equipment measurement system after the implementation of the proposed standardization methods.

This work has not only improved the time of the measurement process and the occupational management of three-dimensional equipment, but also improved the work tasks’ profitability and the efficiency of the dimensional studies carried out in the laboratory.

KEYWORDS

Quality management; Metrology; Coordinate measuring machines; Process approach; Standardization.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	III
Resumo.....	V
Abstract	VII
Índice de Figuras	XI
Índice de Tabelas.....	XV
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	XVII
1. INTRODUÇÃO	3
1.1 Enquadramento e relevância do tema.....	3
1.2 Objetivos.....	5
1.3 Metodologia.....	6
1.4 Estrutura.....	7
2. REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1 Considerações gerais	11
2.2 Definição de qualidade	12
2.3 A sua evolução.....	13
2.4 Gestão da qualidade.....	14
2.4.1 Melhoria através da gestão da qualidade total	15
2.4.2 Filosofias e ferramentas da gestão da qualidade	17
2.4.3 Controlo da qualidade através da metrologia.....	20
2.5 Gestão de processos.....	31
2.5.1 Abordagem por processos	31
2.5.2 Normalização	33
3. A EMPRESA E O LABORATÓRIO	39
3.1 Grupo Bosch.....	39
3.1.1 História.....	39
3.1.2 Missão, visão e valores.....	39
3.1.3 Divisões do grupo.....	40
3.2 Grupo Bosch em Portugal.....	41
3.3 Bosch Car Multimedia Portugal	42
3.3.1 Produtos.....	42

3.3.2	Departamentos e Secções	44
3.4	O Laboratório de Metrologia	46
3.4.1	Descrição	46
3.4.2	Organigrama	46
3.4.3	Layout	47
3.4.4	Atividades da equipa	48
3.4.5	Condições térmicas	49
4.	PROJETO	53
4.1	Definição do problema	54
4.2	Plan (Planear)	58
4.3	Do (Executar)	70
4.4	Check (Verificar)	84
4.5	Act (Atuar)	89
5.	CONCLUSÕES	99
	Referências Bibliográficas	103
	Anexo I – Layout do Laboratório	107
	Anexo II – Certificados de Calibração das CMM's	109
	Anexo III – Desenhos Técnicos da Base Fixa	137
	Anexo IV – IT do Gage R&R	139
	Anexo V – Resultados do Gage R&R da CMM1	149
	Anexo VI – Nova IT do Gage R&R	153
	Anexo VII – IT do Sistema de Coordenadas 2000	165
	Anexo VIII – IT para o Ajuste de Programas	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Modelo da metodologia Investigação-Ação	6
Figura 2.1 - Definições de qualidade	12
Figura 2.2 - As quatro principais eras da qualidade (Martins & Costa, 1998).....	13
Figura 2.3 - Processo de um sistema de gestão da qualidade (Peixoto, 2015).....	16
Figura 2.4 - Descrição dos processos da Trilogia de Juran	17
Figura 2.5 - As atividades dos processos da Trilogia de Juran (Juran, 1974).....	18
Figura 2.6 - Ciclo PDCA ou Ciclo de Deming	19
Figura 2.7 - As sete ferramentas da qualidade	20
Figura 2.8 - Quadro geral das tolerâncias geométricas	22
Figura 2.9 - Controlo de uma dimensão	23
Figura 2.10 - Instrumentos de medição utilizados em metrologia	28
Figura 2.11 - Constituintes principais de uma máquina de medir por coordenadas	30
Figura 2.12 - Configurações de diferentes tipos de CMM.....	30
Figura 2.13 - Sistema cartesiano da peça e da máquina.....	31
Figura 2.14 - Representação de um processo genérico	32
Figura 2.15 - Etapas para a implementação da normalização de processos.....	34
Figura 3.1 - Logótipo do Grupo Bosch	39
Figura 3.2 - As quatro áreas de negócio do Grupo Bosch e suas divisões.....	41
Figura 3.3 - Representações do Grupo Bosch em Portugal.....	42
Figura 3.4 - Área AI e seus respetivos produtos	43
Figura 3.5 - Área IS e seus respetivos produtos	43
Figura 3.6 - Área PS e seus respetivos produtos	43
Figura 3.7 - Área MS e seus respetivos produtos.....	44
Figura 3.8 - Áreas funcionais da Bosch Car Multimedia Portugal e seus departamentos	45
Figura 3.9 - As diversas secções do departamento de Desenvolvimento.....	46
Figura 3.10 - Organigrama da secção do Laboratório de Metrologia	47
Figura 3.11 - Layout do Laboratório de Metrologia	48
Figura 4.1 – Equipamentos de visão do laboratório.....	53
Figura 4.2 – Equipamentos de forças e cursos do laboratório	53
Figura 4.3 – Equipamento Scanner do laboratório.....	54
Figura 4.4 – Equipamentos de medição por coordenadas do laboratório	54
Figura 4.5 – Tempo por tipos de equipamentos	55

Figura 4.6 – Tempo por tipos de equipamentos após alteração	56
Figura 4.7 – Quadro de afetação das reuniões diárias	57
Figura 4.8 – CMM1 antes do processo de uniformização.....	60
Figura 4.9 – CMM2 antes do processo de uniformização.....	61
Figura 4.10 – CMM3 antes do processo de uniformização.....	62
Figura 4.11 – CMM4 antes do processo de uniformização.....	62
Figura 4.12 – Desenho técnico da nova base fixa	64
Figura 4.13 – Desenho 3D da nova base fixa.....	64
Figura 4.14 – Estrutura da rede interna do laboratório	66
Figura 4.15 – Ocupação dos equipamentos 3D em Abril de 2017.....	67
Figura 4.16 – Caraterísticas medidas em estudos Gage R&R.....	68
Figura 4.17 – Nova base fixa quase finalizada.....	70
Figura 4.18 – Furação da base de granito da CMM1	71
Figura 4.19 – Furação da nova base fixa.....	71
Figura 4.20 – CMM2 após a colocação da nova base fixa.....	71
Figura 4.21 – CMM3 após a colocação da nova base fixa.....	72
Figura 4.22 – CMM4 após a colocação da nova base fixa.....	72
Figura 4.23 – Ponto de origem e furações da nova base fixa.....	73
Figura 4.24 – Palpadores calibrados da CMM1	74
Figura 4.25 – Árvore de palpadores da CMM2	75
Figura 4.26 – Árvore de palpadores scanner da CMM2	75
Figura 4.27 – Árvore de palpadores da CMM3	78
Figura 4.28 – Árvore de palpadores da CMM4	80
Figura 4.29 – Eliminação de programas obsoletos	82
Figura 4.30 – Eliminação de programas sem identificação	82
Figura 4.31 – Eliminação de programas sem imagem	83
Figura 4.32 – Nova reorganização da secção de criação/edição de programas	83
Figura 4.33 – Ocupação dos equipamentos 3D em Julho de 2017	85
Figura 4.34 – Dimensões a medir nos novos estudos Gage R&R.....	86
Figura 4.35 – Colocação do jig da blenda na CMM	87
Figura 4.36 – Execução das medições das caraterísticas seleccionadas	87
Figura 4.37 – Método criado para a confinação das peças do Gage R&R.....	90
Figura 4.38 – Posições corretas de aparafusamento do jig do Gage R&R.....	91
Figura 4.39 – IT para a criação do novo sistema de coordenadas.....	93

Figura 4.40 – IT para o ajuste de programas com o novo sistema de coordenadas	94
Figura 4.41 – Ocupação expectável após implementação da rede interna.....	95

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Casos excepcionais para o estudo Gage R&R do tipo 2	26
Tabela 2.2 – Casos excepcionais para o estudo Gage R&R do tipo 3	27
Tabela 4.1 – Designações atribuídas às CMM's	58
Tabela 4.2 – Caracterização do volume das CMM's	59
Tabela 4.3 – Principais problemas e as suas soluções.....	63
Tabela 4.4 – Padrão implementado para os cinco palpadores.....	65
Tabela 4.5 – Nominais e tolerâncias utilizadas nos estudos Gage R&R.....	68
Tabela 4.6 – Resultados do Gage R&R em 2016 na CMM1	69
Tabela 4.7 – Resultados do Gage R&R em 2016 na CMM2	69
Tabela 4.8 – Resultados do Gage R&R em 2016 na CMM4	69
Tabela 4.9 – Settings dos palpadores da CMM1	74
Tabela 4.10 – Settings dos palpadores da CMM2.....	76
Tabela 4.11 – Settings dos palpadores da CMM3.....	79
Tabela 4.12 – Settings dos palpadores da CMM4.....	81
Tabela 4.13 - Nominais e tolerâncias utilizadas nos novos estudos Gage R&R.....	86
Tabela 4.14 – Resultados do novo Gage R&R na CMM1	88
Tabela 4.15 – Resultados do novo Gage R&R na CMM2	88
Tabela 4.16 – Resultados do novo Gage R&R na CMM3	88
Tabela 4.17 – Resultados do novo Gage R&R na CMM4	88
Tabela 4.18 – Resultados após correções do Gage R&R na CMM1	91
Tabela 4.19 – Resultados após correções do Gage R&R na CMM2	92
Tabela 4.20 – Resultados após correções do Gage R&R na CMM3	92
Tabela 4.21 – Resultados após correções do Gage R&R na CMM4	92
Tabela 4.22 – Padrão genérico para todas as árvores de palpadores.....	94

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AA	<i>Automotive Aftermarket</i>
AE	Eletrónica Automóvel
AI	<i>Automotive Navigation and Infotainment Systems</i>
AIAG MSA	<i>Automotive Industry Active Group Measurement System Analysis</i>
AS	Sistemas de Direção
BSH	Eletrrodomésticos
CC	Sistemas de Controlo de Chassis
CM	Car Multimedia
CMM	<i>Coordinate Measuring Machine</i>
CpK	<i>Statistical Sample Inspection Report</i>
DC	Tecnologia de Tração e Controlo
DS	Sistemas Diesel
DSP	<i>Development Sample Production</i>
ED	Atuadores Elétricos
ENG	Departamento de Desenvolvimento
ENG-LAB	Laboratório de Metrologia
EPA	<i>Electrostatic Protected Area</i>
FEP	<i>Product Approval</i>
FOR	<i>Failure of Rate</i>
GQ	Gestão da Qualidade
GQT	Gestão da Qualidade Total
GRR	Gage R&R
GS	Sistemas de Gasolina
I&D	Investigação & Desenvolvimento
I.S.I.R.	<i>Initial Sample Inspection Report</i>
IS	Instrumentation Systems
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IT	Instrução de Trabalho
LIT	Limite Inferior da Tolerância
LST	Limite Superior da Tolerância
MitCAT	<i>Mitutoyo Intelligent Computer Aided Technology</i>

MS	<i>Manufacturing Systems</i>
ndc	<i>number of distinct categories</i>
PA	<i>Product Audit</i>
PA	Tecnologia de Embalagem
PC	Área Comercial
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PS	<i>Professional Systems</i>
PSP	<i>Prototype Sample Production</i>
PT	Área Técnica
PT	Ferramentas Elétricas
PV	<i>Part Variation</i>
SG	Motores de Arranque e Alternadores
SGQ	Sistemas de Gestão da Qualidade
SOP	<i>Start of Production</i>
SPC	<i>Statistical Process Control</i>
ST	Sistemas de Segurança
TQM	<i>Total Quality Management</i>
TSP	<i>Tool Sample Production</i>
TT	Termotecnologia
U _{SM}	Incerteza do Sistema de Medição
VA	<i>Mass Production Evaluation</i>

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento e relevância do tema

Todas as sociedades no mundo recorrem ao uso de materiais naturais e artificiais, refletindo-se na necessidade de fornecimento de produtos que consistem em bens (leite, roupas, casas, veículos...) e serviços (energia elétrica, transportes públicos, assistência na saúde, educação...). Um requisito essencial destes produtos mencionados é que eles atendam às necessidades de todos os membros da sociedade que irão usufruir deles. O conceito de aptidão para o uso, também conhecido pelo termo popular qualidade, é universal e é aplicável a todos os bens e serviços (Juran & Gryna, 1970).

Segundo Juran, de todos os significados que a palavra qualidade acarreta, dois deles apresentam uma importância crítica (Juran & Godfrey, 1999):

- Qualidade significa produtos com características que atendem às necessidades dos clientes e que, por sua vez, proporcionam a satisfação do cliente;
- Qualidade significa produto livre de defeitos.

Ao longo do tempo a qualidade tem vindo a assumir uma posição mais significativa no que concerne à sua importância. A qualidade já não se discute, uma vez que esta é imprescindível para qualquer tipo de organização e torna os custos da sua obtenção irrelevantes para a tomada de decisões (Pires, 2007). Uma vez que a obtenção de uma boa qualidade é indispensável sob o ponto de vista de todos os indivíduos, esta torna-se uma parte importante para qualquer tipo de empresa. De certa forma, todas elas existem para satisfazer as necessidades dos seus clientes tendo, portanto, como objetivo comum a qualidade. No entanto, nem sempre todos os objetivos de qualidade são alcançados e as empresas acabam por fornecer produtos abaixo das expectativas e necessidades dos consumidores (Pires, 2007).

É nesta perspectiva que surge a criação de especificações cumprindo os requisitos mínimos exigidos pelos clientes, como forma de controlo. Este processo consiste em observar a performance atual, compará-la com as especificações estabelecidas e posteriormente tomar medidas no caso de existir uma diferença significativa entre as duas (Juran & Gryna, 1970).

A qualidade possui uma componente subjetiva, o que por vezes torna difícil ou até mesmo impossível a medição com precisão, sob o ponto de vista do controlo da qualidade. De modo a tornar possível este controlo, é essencial que a qualidade seja objetivada e quantificada para que esta se torne mensurável. “Mesmo as características subjetivas devem, na medida do possível, ter alguma forma de medição ou comparação” (Pires, 2007).

Esta necessidade de medição tem como finalidade ajudar a controlar e tomar decisões relativamente ao processo de fabricação de um produto, tais como a validação da conformidade de um produto (controlo das especificações técnicas) e a verificação da capacidade de um processo de produção. Foi desta forma que surgiu a importância da metrologia para o processo da qualidade (Duret & Pillet, 2009).

É importante referir que os programas de controlo de qualidade não tentam necessariamente medir todas as características possíveis, mas apenas aquelas que se apresentam como críticas para o desenvolvimento das propriedades requeridas para o produto em questão (Jamieson, 1982). “A medição não acrescenta valor ao produto” e por isso, a curto prazo, pode ser considerada um investimento não prioritário quando este é comparado com os equipamentos para a produção. No entanto, é fundamental analisar o risco de deteção de não conformidades do produto na perspetiva do cliente e os custos que isso pode acarretar para a empresa. Em suma, a medição torna-se um investimento rentável a longo prazo (Duret & Pillet, 2009).

No que diz respeito à indústria automóvel, esta tem estado frequentemente na vanguarda no uso e desenvolvimento de técnicas de metrologia tanto em pesquisa como em controlo da qualidade (Brown & Blunt, 2008).

A Bosch Car Multimedia Portugal S.A., localizada em Braga, é um dos maiores exportadores a nível nacional do setor automóvel, a maior fábrica da empresa alemã Bosch em Portugal e pertence à divisão Car Multimedia (CM), sendo esta divisão um dos principais fornecedores mundiais de info-entretenimento, de sistemas de instrumentação e de soluções em rede para sistemas de assistência e de informação ao condutor.

“CM foca-se no desenvolvimento de soluções inteligentes concebidas para tornar a integração, no interior do veículo, de funções de entretenimento, navegação, telemática e assistência à condução, mais flexível e mais eficiente” (Bosch Car Multimedia Portugal, 2015).

A empresa encontra-se organizada em duas áreas funcionais, Área Comercial e Área Técnica, sendo que o Departamento de Desenvolvimento está alocado à Área Técnica. Este departamento foca-se essencialmente em atividades de Investigação & Desenvolvimento (I&D), que tem como missão a promoção da inovação, a gestão de capacidades e o desenvolvimento de tecnologia através do uso de engenharia simultânea como um elemento central para a criação de valor.

Dentro deste departamento encontra-se o laboratório mecânico de metrologia, onde foi realizado o estágio curricular para esta dissertação de mestrado. Dentro deste, realizam-se análises dimensionais a partes/produtos, fornecidos e produzidos na empresa, nas várias fases de desenvolvimento e até mesmo durante a fase de produção, e estudos da estabilidade de processos (*Statistical Process Control - SPC*).

Este laboratório possui diversos equipamentos e ferramentas de medição, dentro dos quais equipamentos óticos, de coordenadas e de forças e cursos. Neste momento as máquinas estão em funcionamento de uma forma individual e com características físicas diferentes, o que faz com que a gestão de ocupação das mesmas seja bastante difícil de gerir e com pouca eficiência, sendo nesta vertente que se insere o tema proposto para a dissertação.

1.2 Objetivos

Com base no problema descrito no enquadramento, esta dissertação de mestrado tem como principal objetivo o desenvolvimento de métodos de standardização para o laboratório, nomeadamente para o processo de medição em máquinas de medir coordenadas (*Coordinate Measuring Machine - CMM*), refletindo-se na melhoria de tempos de medição, na melhoria da gestão da ocupação das máquinas e, conseqüentemente, da rentabilidade de todas as tarefas de trabalho e do aumento da eficiência dos estudos dimensionais realizados.

De forma a desenvolver este projeto, torna-se necessário a concretização dos seguintes objetivos específicos:

- Conhecer as funções e organização das atividades do departamento;
- Entender os princípios de funcionamento de equipamentos de metrologia;

- Identificar potenciais melhorias no processo de medição;
- Uniformização de todo o *hardware* envolvido;
- Criação de uma rede interna de partilha de documentos;
- Uniformização do *software* utilizado;
- Elaboração de instruções de trabalho e sua divulgação.

1.3 Metodologia

O projeto foi desenvolvido na empresa Bosch Car Multimedia em Braga e seguiu uma metodologia Investigação-Ação. É uma metodologia frequentemente aplicada em ambiente empresarial, caracterizando-se pela intervenção do investigador no ambiente em estudo e pela sua participação de uma forma ativa no projeto (Pereira, 2013b). Esta participação ativa é realizada através da observação do processo a melhorar, avaliação dos principais problemas, recolha de informação, participação nas atividades de implementação das propostas de melhoria e análise de resultados.

Segundo Ferreira (2014), a metodologia Investigação-Ação desenvolve-se numa espiral de ciclos e está dividida em cinco fases distintas, tal como se apresenta no esquema da Figura 1.1.

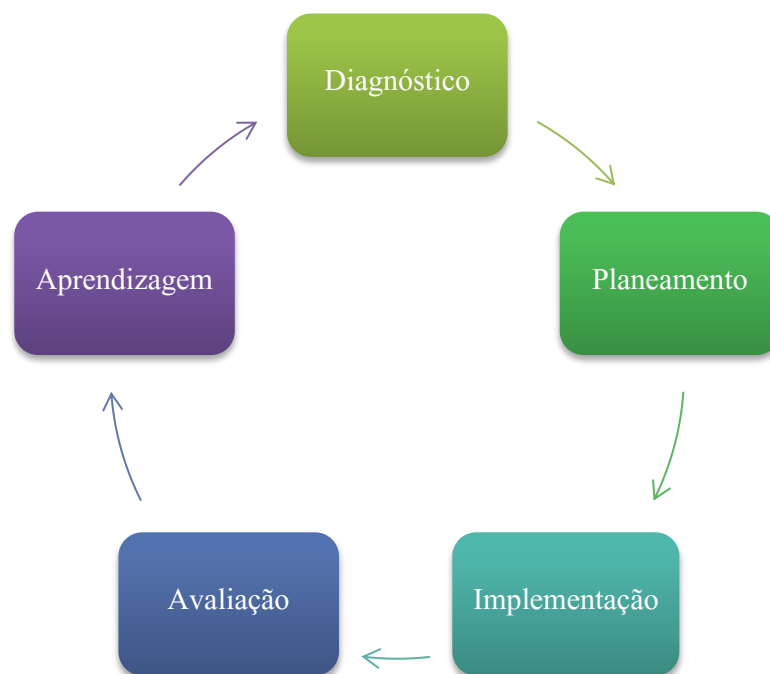


Figura 1.1 - Modelo da metodologia Investigação-Ação

Os resultados que são obtidos através da aplicação da última fase da metodologia, a aprendizagem, é que irão indicar se é necessário efetuar novamente todas as etapas do ciclo, para que o problema seja resolvido (Abreu, 2013).

1.4 Estrutura

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco diferentes capítulos ao longo do documento, cujos conteúdos serão descritos seguidamente, de forma sucinta.

Neste capítulo é efetuada uma breve introdução, onde está exposto o enquadramento e relevância do tema do projeto, a definição do principal objetivo do trabalho, bem como os objetivos específicos a atingir na realização desse objetivo geral.

No **Capítulo 2** são apresentados os conteúdos resultantes da pesquisa bibliográfica efetuada, onde são descritas as diversas formas de definir a qualidade segundo o tipo de foco, a evolução contínua da qualidade até ao presente, a relevância da implementação da Gestão da Qualidade Total nas organizações, as filosofias e ferramentas implementadas na gestão da qualidade, a importância da metrologia para a qualidade e alguns dos equipamentos utilizados no processo de medição, a abordagem por processos que advém da aplicação deste tipo de gestão e as normas fundamentais para a implementação de sistemas de gestão da qualidade.

No **Capítulo 3**, começa-se por fazer uma descrição da empresa acompanhada da sua história, da sua missão, visão e valores, apresentação das áreas de negócio do grupo, suas divisões e os produtos da empresa Bosch Car Multimedia Portugal. É também mostrada a estruturação do departamento e secção onde este projeto se enquadra, bem como uma breve descrição do laboratório de metrologia e atividades executadas dentro do mesmo.

No **Capítulo 4** procede-se à definição e fundamentação do problema principal do projeto, à execução da fase de planeamento onde são apresentadas as soluções propostas para a resolução dos problemas identificados, postas em prática essas mesmas soluções, posteriormente analisados os resultados obtidos da fase anterior e, por fim, implementadas todas as ações corretivas necessárias e feita a consolidação do processo.

No **Capítulo 5** são sumarizadas as principais conclusões retiradas das metodologias implementadas ao longo da execução deste projeto.

Capítulo 2

REVISÃO DA LITERATURA

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Considerações gerais

Anteriormente ao período da industrialização, a grande maioria da humanidade vivia em pequenas aldeias em condições primitivas de transporte, comunicação, fontes de energia, cuidados de saúde, entre outros. A esperança média de vida da população era curta e a vida esgotante e bastante rigorosa, com prevalência da pobreza, doença e fome na grande maioria das localizações (Juran & Gryna, 1970).

Durante o final do século XVIII e início do século XIX, a Grã-Bretanha enfrentou inúmeras mudanças como resultado da Revolução Industrial. Os avanços científicos e inovações tecnológicas levaram ao crescimento da produção industrial e agrícola, expansão económica e alterações nas condições de vida (Manolopoulou, 2017).

A produção em massa de bens e serviços permitiu que centenas de milhares de pessoas reorganizassem as suas vidas de forma a tirarem vantagem dos benefícios da industrialização, dos quais se destacam a criação de fontes de energia central, redes de transporte e comunicação modernas, a melhoria dos cuidados de saúde e o aumento da esperança média de vida. Estes são benefícios importantes, no entanto, a continuidade e segurança de cada um deles depende da qualidade dos serviços e produtos fabricados (Juran & Gryna, 1970).

Nos tempos de hoje, quando a concorrência é enorme e feroz e a crise comum a vários países, torna-se fundamental para a sobrevivência das empresas a conexão entre a satisfação dos requisitos dos cliente e a eficiência com que estas utilizam os seus recursos e matéria-prima para o alcance dessas mesmas necessidades. “Essa ligação é a qualidade” (Pereira, 2013a).

De acordo com Jamieson (1982), “qualidade” é uma palavra difícil de ser definida e, pelo menos no que se refere à indústria, não existe uma definição absoluta que satisfaça todas as condições.

2.2 Definição de qualidade

Pires (2007) afirma que a definição de “qualidade” tem de partir de alguns conceitos básicos e posteriormente ser adaptada a cada caso em concreto, dependendo do setor de atividade, da área, do produto, entre outros.

Segundo determinados autores clássicos, alguns dos quais mais conhecidos por “Gurus da Qualidade”, a qualidade de um produto e/ou serviço é definida de diversas formas. Na Figura 2.1 são apresentados alguns dos exemplos mais conhecidos, divididos pelo seu tipo de foco.

Focalização na produção

- "Qualidade é o grau em que um determinado produto está em conformidade com um projeto ou especificação" (Gilmore, 1974)
- "Qualidade é a conformidade com as especificações" (Crosby, 1979)

Focalização no cliente

- "Qualidade consiste na capacidade de satisfazer desejos" (Edwards, 1968)
- "Qualidade é adequação ao uso" (Juran, 1974)

Focalização no produto

- "Qualidade refere-se à quantidade de atributos sem preço, contidos em cada unidade do atributo com preço" (Leifler, 1982)

Focalização no valor

- "Qualidade é o grau de excelência a um preço aceitável e o controlo da variabilidade a um custo aceitável" (Broh, 1982)

Transcendente

- "Qualidade não é uma ideia ou uma coisa, mas uma terceira entidade independente das duas, embora não se possa definir qualidade, sabemos o que ela é" (Pirsig, 1974)

Figura 2.1 - Definições de qualidade

Uma vez que o termo qualidade é ambíguo, este foi definido pela ISO (*International Organization for Standardization*), que assume a qualidade como o “grau com que um conjunto de características inerentes de um objeto cumpre os requisitos” (International Organization for Standardization, 2015).

2.3 A sua evolução

Com o progresso das ferramentas de trabalho e dos sistemas de unidade de medida, especialmente após a Revolução Industrial, a qualidade sofreu uma evolução contínua até aos dias de hoje através de quatro eras distintas, dentro das quais a obtenção de qualidade era realizada de diversas formas (Barçante, 1998):

- **Era da Inspeção** - Qualidade com foco no produto;
- **Era do Controlo Estatístico da Qualidade** - Qualidade com foco no processo;
- **Era da Garantia da Qualidade** - Qualidade com foco no sistema;
- **Era da Gestão da Qualidade Total** - Qualidade com foco no negócio.

Na Figura 2.2 são apresentadas as quatro principais eras da qualidade, referidas acima, sendo também identificado o foco principal de cada uma, bem como a sua orientação e abordagem (Martins & Costa, 1998).

Identificação das características	Etapa do Movimento da Qualidade			
	<i>Inspeção</i>	<i>Controlo Estatístico da Qualidade</i>	<i>Garantia da Qualidade</i>	<i>Gestão Estratégica da Qualidade</i>
Ênfase	Uniformidade do produto	Uniformidade do produto com menos inspeção	Toda a cadeia de produção, desde o projeto até ao mercado, e a contribuição de todos os grupos funcionais	As necessidades do mercado e do consumidor
Orientação e abordagem	“Inspeciona” a qualidade	“Controla” a qualidade	“Constrói” a qualidade	“Gere” a qualidade

Figura 2.2 - As quatro principais eras da qualidade (Martins & Costa, 1998)

No início do século XIX, a atividade produtiva era artesanal e em pequena escala, onde os artesãos e aprendizes eram os responsáveis pelo fabrico e qualidade final de qualquer produto.

A **Era da Inspeção** teve origem com o desenvolvimento da industrialização e o aparecimento de um sistema de produção mais eficiente que o artesanal, a produção em massa, verificando-se uma necessidade de inspecionar os produtos, em que uma ou mais características eram examinadas, medidas ou testadas, com a finalidade de assegurar a sua qualidade (Barçante, 1998).

No entanto, esta foi uma era em que a qualidade se focava unicamente no produto acabado e o seu conceito se focava na conformidade dos bens ou serviços vendidos aos clientes. Desta forma, os produtos considerados defeituosos, isto é, aqueles que não estivessem em conformidade com os requisitos do cliente, eram desperdiçados sem que houvesse uma prévia resolução de problemas (Lopes, 2014).

No período seguinte surgiu a **Era do Controle Estatístico da Qualidade**, que se traduziu na implementação de técnicas de amostragem e de outros procedimentos de base estatística, capazes de identificar eventuais desvios da qualidade e indicar as suas causas (Longo, 1996). Durante esta fase foram pensados, esquematizados, implementados e melhorados os primeiros sistemas de qualidade em vários países do mundo (Lopes, 2014).

Mais tarde, a qualidade teve o seu foco direcionado para o sistema, dando assim origem à **Era da Garantia da Qualidade**, em que a prevenção de defeitos ao longo da cadeia produtiva passou a ser o seu principal objetivo, procurando envolver todos os departamentos e grupos funcionais da organização (Lopes, 2014).

A partir da década de 50 surge o período denominado **Era da Gestão da Qualidade Total**. Nesta fase, o conceito de qualidade não só abrange as especificidades do produto, como também as necessidades e requisitos do mercado e dos consumidores (Lopes, 2014). A qualidade deixou de ser uma característica exclusiva do produto e responsabilidade unicamente de um departamento em particular e começou a ser um problema da organização, compreendendo todos os aspetos da sua fabricação (Longo, 1996).

2.4 Gestão da qualidade

Com a constante procura de empresas que satisfaçam as suas exigências, os consumidores tornaram o mercado cada vez mais competitivo e como consequência houve uma crescente valorização das suas necessidades. Portanto, as organizações iniciaram a adoção de políticas de Gestão da Qualidade (GQ) de forma a garantir a satisfação dos seus clientes, bem como de outras partes interessadas (Lopes, 2014).

Existem diversas definições no que diz respeito à Gestão da Qualidade Total e muitos autores definem GQT como uma “filosofia de gestão”. De qualquer forma, GQT corresponde a uma

forma de gestão que pode ser caracterizada pela constante procura de melhorias contínuas em processos e procedimentos, de modo a obter a excelência (Fernandes, Truong, Sampaio, & Carvalho, 2014).

Segundo Silva (2009), as organizações têm vindo a implementar os chamados Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) que têm como objetivo a aplicação de metodologias e mecanismos que garantam a conformidade dos seus produtos e processos com padrões de qualidade previamente definidos.

Nos subcapítulos seguintes serão expostos conteúdos relativos à obtenção de melhoria através da gestão da qualidade total, as filosofias e ferramentas utilizadas na implementação da gestão da qualidade, bem como o controlo da qualidade recorrendo à metrologia.

2.4.1 Melhoria através da gestão da qualidade total

A Gestão da Qualidade Total, também denominada *Total Quality Management* (TQM), é uma filosofia que tem como princípio a cooperação de todas as pessoas da empresa (“*Total*”) através de um sistema de gestão (“*Management*”) que seja capaz de criar produtos e/ou serviços que satisfaçam as exigências dos clientes (“*Quality*”) (Pereira, 2013a).

De acordo com Kumar, Garg & Garg (2011), o TQM é uma forma de gerir as indústrias com o objetivo de melhorar o produto, bem como a qualidade do serviço e a eficiência global da produção e outras operações. Ou seja, é um processo integrado para obter vantagem competitiva através de práticas contínuas de melhoria segundo a exigência dos clientes (Nasim, Iqbal, & Khan, 2013).

Tal como se pode observar na Figura 2.3, a metodologia TQM tem início na definição dos requisitos dos clientes e término na satisfação dos mesmos. Para que este processo seja alcançado com sucesso é necessária uma gestão que envolva a organização, desde a chefia de topo até aos operadores (Pereira, 2013a), sempre com o foco voltado para a melhoria contínua do desempenho global do negócio (Peixoto, 2015).

- **ISO 9004: Sistemas de gestão da qualidade** – Linhas de orientação para melhoria do desempenho.

Segundo Prieto (2008), para um laboratório de metrologia, o *standard* da ISO 9001 promove uma melhor organização a nível do trabalho e motivação de todos os colaboradores envolvidos em direção a uma melhoria contínua, e até mesmo a comunicação entre todos os níveis de gestão e os seus trabalhadores.

2.4.2 Filosofias e ferramentas da gestão da qualidade

Autores como Juran, Deming, Ishikawa, entre outros, são considerados os grandes mestres ou gurus da gestão da qualidade e descreveram nos seus trabalhos alguns princípios fundamentais para a implementação do SGQ.

Joseph Juran, um dos autores mencionados, deu a sua contribuição e é responsável pela criação de uma abordagem universal designada Trilogia da Qualidade ou Trilogia de Juran, que estabelece três processos básicos para a gestão da qualidade, nomeadamente o Planeamento da Qualidade, o Controlo da Qualidade e a Melhoria da Qualidade (Juran, 1974).

Segundo Teixeira (2011), a trilogia elaborada por Juran pode ser descrita da forma apresentada na Figura 2.4.

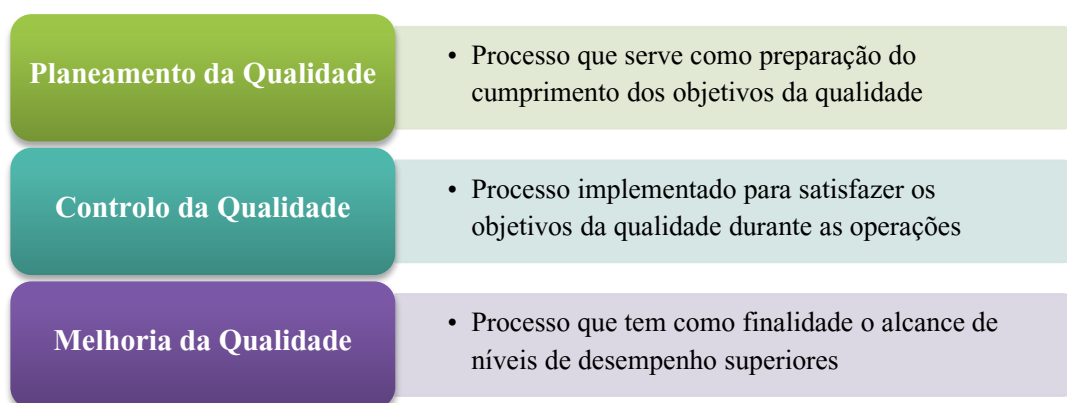


Figura 2.4 - Descrição dos processos da Trilogia de Juran

Cada um dos três processos (Planeamento, Controlo e Melhoria) é também universal e segue uma sequência de atividades invariáveis que permite colocá-los em prática. Estas sequências apresentadas na Figura 2.5 são aplicáveis em qualquer tipo de organização, independentemente da indústria, departamento ou função (Juran, 1974).

Quality planning	Quality control	Quality improvement
Establish quality goals	Evaluate actual performance	Prove the need
Identify who the customers are	Compare actual performance with quality goals	Establish the infrastructure
Determine the needs of the customers	Act on the difference	Identify the improvement projects
Develop product features that respond to customers' needs		Establish project teams
Develop processes able to produce the product features		Provide the teams with resources, training, and motivation to:
Establish process controls; transfer the plans to the operating forces		Diagnose the causes
		Stimulate remedies
		Establish controls to hold the gains

Figura 2.5 - As atividades dos processos da Trilogia de Juran (Juran, 1974)

Deming é um dos autores mais prestigiados da revolução da qualidade e reconhecido internacionalmente pelo seu notável contributo para a reconstrução japonesa após a 2ª guerra. Foi impulsionador de um método de gestão da qualidade conhecido por Ciclo PDCA ou Ciclo de Deming. Este Ciclo PDCA é composto por quatro etapas apresentadas seguidamente, onde cada uma é descrita de acordo com as atividades que são executadas (Trivellato, 2010).

- **Plan** (Planear): é onde se identifica o problema, se estabelecem objetivos e se formula um plano de acordo com os requisitos dos consumidores e políticas da empresa;
- **Do** (Fazer): o plano é colocado em prática e implementadas todas as melhorias necessárias previstas na fase de planeamento;
- **Check** (Controlar): fase de verificação e monitorização de todas as alterações implementadas ao longo do processo, de acordo com os objetivos estabelecidos;
- **Act** (Atuar): período em que são realizadas ações corretivas de desvios identificados ou ações preventivas de forma a evitar possíveis desvios que possam ocorrer no futuro.

Posteriormente à implementação das alterações mencionadas, o ciclo é então reiniciado com o intuito de melhorar ou garantir os resultados obtidos. Esta é uma fase caracterizada pela consolidação do processo ao longo do tempo através da normalização do mesmo, tal como se pode observar na Figura 2.6.

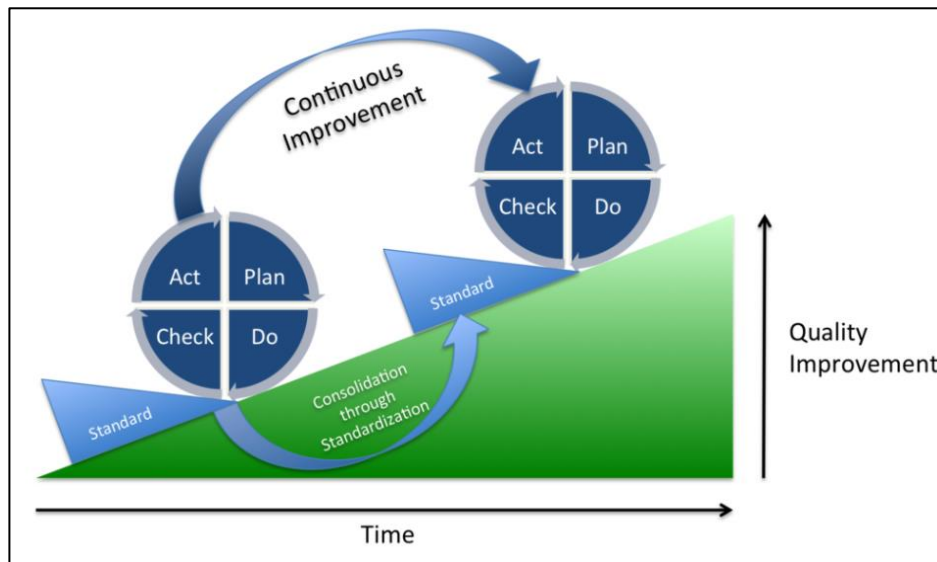


Figura 2.6 - Ciclo PDCA ou Ciclo de Deming

Este ciclo consiste num processo de desenvolvimento de melhorias contínuas, onde cada etapa representa uma atividade em busca de melhorias, tendo como finalidade manter todas as atividades da empresa sob controlo, tanto as operacionais como as administrativas (Peixoto, 2015).

Duret & Pillet (2009) afirmam que “o desejo de melhorar deve ser constante ao longo do tempo e a melhoria contínua resultante faz com que se instale uma cultura da qualidade proporcionando o desenvolvimento de novos métodos”.

Citando Robert Bosch¹, criador da fundação baseado no mesmo princípio, declara que “devemos sempre tender a melhorar o que já existe, ninguém deve satisfazer-se com o que atingiu, pelo contrário, deve tentar constantemente fazer o seu trabalho ainda melhor”.

¹Publicado em “Princípios do CIP (Continuous Improvement Process)”, www.bosch.fr

Karou Ishikawa, nascido no Japão e discípulo de Deming, criou o diagrama causa-efeito e lançou a ideia das Sete Ferramentas para o Controlo Estatístico da Qualidade.

Tinha como objetivo identificar as exigências do cliente, antecipar defeitos e otimizar o binómio “custo-qualidade” (Duret & Pillet, 2009), recorrendo às seguintes ferramentas descritas na Figura 2.7 (Pacheco, 2012):



Figura 2.7 - As sete ferramentas da qualidade

Todas estas ferramentas apresentadas são gráficas, simples, aplicáveis por todos os colaboradores da empresa e tem como finalidade solucionar de uma forma fácil a maioria dos pequenos problemas de produção (Duret & Pillet, 2009).

2.4.3 Controlo da qualidade através da metrologia

Um profissional com conhecimentos e experiência na área da produção aprendeu a esperar variação nos resultados obtidos e, até certo ponto, a aceitá-la como um facto lamentável da vida industrial. Não só o intervalo de variação muda de produto para produto e de processo para processo, como também é possível encontrar ocasionalmente resultados muito diferentes do valor nominal de especificação e, por isso mesmo, não dá para evitar a conclusão de que alguma coisa esteja fora de controlo (Jamieson, 1982).

A tentativa de medição e controlo da qualidade de uma variável será efetuada através da determinação do intervalo “normal” de variação em relação ao valor de especificação e

posteriormente identificadas as causas de variações anormais que indicam que algo fora do vulgar está a acontecer (Jamieson, 1982). Por estas e outras razões, a metrologia tornou-se parte fundamental de um programa de controlo da qualidade (Juran & Gryna, 1970).

A palavra metrologia pode ser dividida em duas partes: “metro” + “logia”, em que a palavra “metro” está relacionada com a medição de alguma coisa e a palavra “logia” está relacionada com a ciência de algo (Barradas & Sampaio, 2011).

Sousa (2015) declara que a medição de uma grandeza possui essencialmente três objetivos:

- **Monitorizar**, quando se observa de forma passiva os resultados obtidos das grandezas que foram medidas;
- **Controlar**, no sentido em que se analisam e comparam os valores obtidos, resultando numa ação de controlo de forma a manter esses mesmo valores dentro das especificações estabelecidas;
- **Investigar**, quando se pretende pesquisar, avaliar ou explicar algo, tendo como objetivo a compreensão, evolução e inovação de algo.

É preciso ter em mente que durante os processos de fabrico de produtos ocorrem, inevitavelmente, desvios de precisão que resultam na incapacidade de adquirir uma forma geométrica perfeita (Rodrigues, 2012). De modo a garantir que esses desvios provenientes da produção não prejudiquem de alguma forma a montagem e o correto funcionamento das peças, o controlo geométrico tornou-se essencial e é realizado através da especificação de tolerâncias geométricas (Cavaco, 2002).

O controlo geométrico baseia-se em procedimentos de determinação de dimensões, forma e posição de elementos sólidos constituintes do produto (Cavaco, 2002) e as tolerâncias servem maioritariamente como controlos que delimitam os desvios, sejam estes erros dimensionais, geométricos ou outros (Rodrigues, 2012). Por outras palavras, os desvios geométricos admissíveis para a peça são antecipadamente determinados e posteriormente aplicadas tolerâncias geométricas que são os limites dentro dos quais as dimensões e formas geométricas podem variar (Cavaco, 2002).

O toleranciamento geométrico encontra-se dividido em duas partes, nomeadamente tolerância dimensional e desvios de forma (Figura 2.8). A tolerância dimensional define a variabilidade total permitida da característica geométrica da peça enquanto os desvios de forma definem a área dentro da qual a forma deve estar contida (Rodrigues, 2012).

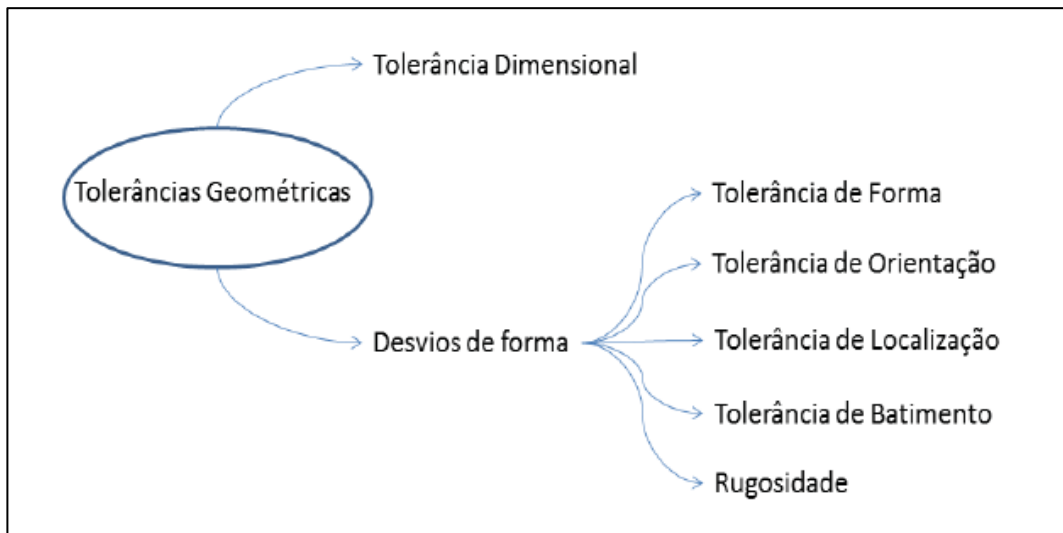


Figura 2.8 - Quadro geral das tolerâncias geométricas

A medição e o controlo dimensional de peças fabricadas são necessários em distintas etapas do processo produtivo, nomeadamente (Almacinha, 2016):

- **Receção** de peças e produtos semiacabados a usar na produção;
- **Fabricação**, ao longo das diferentes operações de trabalho;
- **Após a fabricação**, como verificação e controlo final para averiguar a conformidade do produto.

Este é o trabalho do metrologista, verificar se as dimensões se encontram dentro das especificações do projeto (Figura 2.9) e, desta forma, aprovar ou rejeitar o produto (Cavaco, 2002).

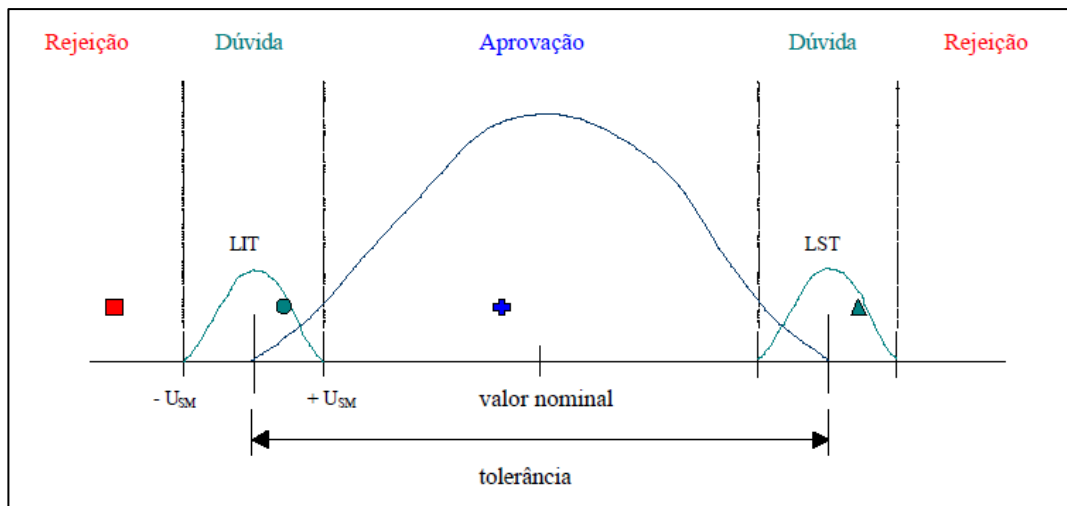


Figura 2.9 - Controle de uma dimensão

As siglas da Figura 2.9 podem ser traduzidas da seguinte forma:

LIT – Limite Inferior da Tolerância

LST – Limite Superior da Tolerância

U_{SM} – Incerteza do Sistema de Medição

O valor nominal é o valor indicado de uma característica, isto é, o tamanho de um elemento de forma perfeita. Os limites de tolerância, tal como foi dito anteriormente, são os valores da característica que fornecem os limites superior e inferior relativamente ao valor nominal. Quanto à incerteza de medição, esta é caracterizada pela dispersão dos valores atribuídos a uma característica medida (Almacinha, 2016).

Como tal, na situação do quadrado vermelho representado na Figura 2.9, podemos afirmar que este se apresenta integralmente fora de especificação uma vez que se encontra fora dos limites de tolerância e por isso deve ser rejeitado.

No segundo caso, círculo verde na Figura 2.9, constata-se que o produto se encontra dentro dos limites especificados. Porém, devido à incerteza de medição, este encontra-se numa região de dúvida para o LIT.

A cruz azul da Figura 2.9 apresenta-se dentro dos limites de especificação e fora das regiões de incerteza de medição. Nesta situação podemos afirmar e com segurança que o produto atende às especificações de fabricação exigidas.

Por fim, no caso do triângulo verde da Figura 2.9, constata-se que o resultado obtido está acima do LST do produto. No entanto, não há segurança para afirmar que o mesmo deve ser rejeitado visto que se encontra na zona de incerteza de medição. Apenas existe grande probabilidade do produto se apresentar fora dos limites de tolerância.

Gage R&R

Se a medição do valor de uma grandeza for repetida, a experiência comprova que os resultados obtidos não são sempre iguais, exibem normalmente alguma variação. De acordo com o trabalho de Burdick, Borror e Montgomery (2005) em estudos Gage R&R (GRR), o propósito é determinar a variabilidade nos dados recolhidos que são devido ao sistema de medição, isolar as fontes de variabilidade no sistema de medição, avaliar se o sistema de medição é o mais conveniente para uma aplicação geral e quantificar a variabilidade do processo de medição causada pelos operadores, peças ou pela interação peça-operador.

Os dois conceitos em que se apoiam estes estudos Gage R&R são os da repetibilidade e reprodutibilidade de resultados. A repetibilidade diz respeito à variação observada quando, com as determinações efetuadas nas mesmas condições, se repetem as medidas numa mesma unidade. A reprodutibilidade refere-se à variação observada entre as médias de resultados obtidos quando se medem as mesmas unidades físicas de produto em diferentes condições (Oliveira, 2006).

Como a variabilidade do processo de medição pode ser atribuída à repetibilidade e reprodutibilidade, matematicamente é expressa pela equação 2.1, em que σ_{med}^2 é o valor da variância do processo, σ_r^2 é a variância média estimada dos dados de repetibilidade e σ_R^2 é a variância média estimada dos dados de reprodutibilidade (Pandiripalli, 2010).

$$\sigma_{med}^2 = \sigma_r^2 + \sigma_R^2 \quad (2.1)$$

Posteriormente, para o cálculo da capacidade do processo, é utilizada a expressão 2.2 onde $c_{p\ med}$ é o índice de capacidade médio, USL é o Limite Superior da Tolerância e LSL é o Limite Inferior da Tolerância da característica medida.

$$c_{p\ med} = \frac{USL - LSL}{6 \times \sqrt{\sigma_r^2 + \sigma_R^2}} \quad (2.2)$$

Por fim, o valor do Gage R&R é dado pela expressão 2.3, que nos dá o índice razão de precisão/tolerância (“precision to tolerance ratio”) do processo de medição (Oliveira, 2006).

$$\%GRR = \frac{6 \times \sqrt{\sigma_r^2 + \sigma_R^2}}{USL - LSL} \times 100 = \frac{100}{c_{p\ med}} \quad (2.3)$$

O manual de capacidade de medição e testes de processo da Bosch (Bosch GmbH, 2010), redigido segundo a diretiva CDQ0402 (Bosch, 2012), indica que os limites para a variação do Gage R&R de um processo de medição são os seguintes:

- $\%GRR \leq 10\%$ O processo de medição tem capacidade;
- $10\% < \%GRR \leq 30\%$ A capacidade do processo de medição é condicionada;
- $\%GRR > 30\%$ O processo de medição não tem capacidade.

O número de categorias distintas (*number of distinct categories* – ndc) é um parâmetro recomendado pelo manual [AIAG MSA], definido como *Automotive Industry Active Group Measurement System Analysis*, como um critério adicional da capacidade do processo, representado pela expressão 2.4 (Ren, 2015).

$$ndc = \sqrt{2} \times \frac{\%PV}{\%GRR} = 1,41 \times \frac{\%PV}{\%GRR} \geq 5 \quad (2.4)$$

Em que, PV (*Part Variation*) é definido como a variação das peças em análise. Recomenda-se que o valor deste parâmetro seja maior ou igual a 5.

Os procedimentos para a verificação da capacidade dos processos de medição são três (Bosch GmbH, 2010):

- **Erro de medição sistemático e repetibilidade (Estudo tipo 1):** Consiste na verificação da capacidade de um processo de medição em termos de localização e variação de valores medidos dentro do campo de tolerância de uma dada característica;

Nota: Segundo as normas da Bosch (Bosch GmbH, 2010), este estudo é realizado com pelo menos 25 medições.

- **Repetibilidade e reprodutibilidade com a influência do operador (Estudo tipo 2):** Consiste na verificação da capacidade de um processo de medição em termos do seu comportamento de variação usando medições de peças em série;

Nota: Segundo as normas da Bosch (Bosch GmbH, 2010), este estudo é realizado com pelo menos 10 peças. Em casos excepcionais o Gage R&R pode ser determinado com um número menor de peças e, nesses casos, o número de séries de medição devem ser adaptadas de acordo com a Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Casos excepcionais para o estudo Gage R&R do tipo 2

Número de objetos de medição disponíveis	Número mínimo exigido de séries de medição
≥ 10	2
5 -9	3

- **Repetibilidade sem a influência do operador (Estudo tipo 3):** Consiste na verificação da capacidade de um processo de medição em termos do seu comportamento de variação utilizando medições de peças em série, sem a influência do operador.

Nota: Segundo as normas da Bosch (Bosch GmbH, 2010), este estudo é realizado com pelo menos 25 peças. Em casos excepcionais o Gage R&R pode ser determinado com um número menor de peças e, nesses casos, o número de séries de medição devem ser adaptadas de acordo com a Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Casos excepcionais para o estudo Gage R&R do tipo 3

Número de objetos de medição disponíveis	Número mínimo exigido de séries de medição
≥ 25	2
13 - 24	3
9 - 12	4
7 - 8	5
5 - 6	6

Instrumentos de medição

“Um instrumento de medição é um dispositivo utilizado para executar medições de peças, individualmente ou associado a um ou mais dispositivos suplementares” (Almacinha, 2016).

Na metrologia existem diversos tipos de instrumentos de medição, sejam eles de medir comprimentos ou ângulos. Segundo Almacinha (2016) e Cavaco (2002) destacam-se os seguintes instrumentos apresentados na Figura 2.10.

Réguas Graduadas

- São utilizadas em operações de medição por comparação direta com a grandeza a medir e podem estar graduadas com divisões de 1mm ou de 0,5mm.

Blocos-padrão

- Utilizados como instrumentos de medição e são padrões de comprimento ou ângulo, exercendo um papel importante em todos os níveis da metrologia. Para além disso, os blocos-padrão permitem fazer o ajuste a zero de outro instrumento de medição.

Micrómetros

- Têm como porta-medida um fuso roscado em que o passo, de 0,5mm, deve adequar-se em precisão e grandeza aos objetivos da medição, determinando deslocamentos longitudinais.

Paquímetros

- Instrumentos de medição compostos por uma régua graduada em mm com uma espera fixa, na qual desliza um cursor com uma espera de medição e medem dimensões interiores, exteriores, alturas de ressalto e profundidades.

Comparadores mecânicos

- São ferramentas utilizadas para efetuar medições diferenciais e de pequenos deslocamentos e, também, na averiguação de características geométricas.

Sutas universais

- Permitem avaliar ângulos diedros entre faces planas que se interseccionam, através da medição de ângulos planos que resultam da interseção dessas faces planas com planos perpendiculares à aresta do diedro.

Máquinas de medir por coordenadas

- Máquinas que determinam as coordenadas de certos pontos sobre a peça a controlar e esses mesmos pontos, após serem processados pelo computador associado, fornecem os resultados dos parâmetros geométricos da peça.

Figura 2.10 - Instrumentos de medição utilizados em metrologia

Máquinas de medir por coordenadas

De acordo com Vicente (1997), “uma máquina de medição de coordenadas (*Coordinate Measuring Machine – CMM*) é um sistema mecânico e eletrónico cujo objetivo último é a obtenção de coordenadas cartesianas de pontos sobre superfícies sólidas.”

Esta tecnologia de medição por coordenadas, também denominada medição tridimensional, é o recurso mais poderoso presente na indústria, especialmente na indústria automóvel, para o desenvolvimento dimensional de produtos, controlo dimensional de peças e melhoria da capacidade de processos. Isto reflete-se no contínuo aumento da utilização deste tipo de medição ao longo de todo o ciclo de vida do produto em diversas atividades, dentro das quais (Sousa, 2015):

- Digitalização de modelos;
- Análise dimensional de protótipos;
- Desenvolvimento de produtos;
- Investigação de problemas;
- Certificação de peças fornecidas;
- Aprovação de ferramentas e dispositivos;
- Ajuste e aprovação de processos;
- Controlo de produtos.

Um sistema de medição por coordenadas é constituído por diversos componentes, tal como se pode constatar na Figura 2.11 e, segundo Vicente (1997), devido ao seu grau de importância destacam-se:

- A estrutura mecânica (três eixos de movimento e sistemas de medição de deslocamentos);
- O sistema de palpação capaz de efetuar o contacto do palpador com as peças em diversas direções espaciais;
- O sistema de comando dos movimentos das partes móveis (pórtico, carro e braço);
- O computador e o *software* para o cálculo e representação de resultados.

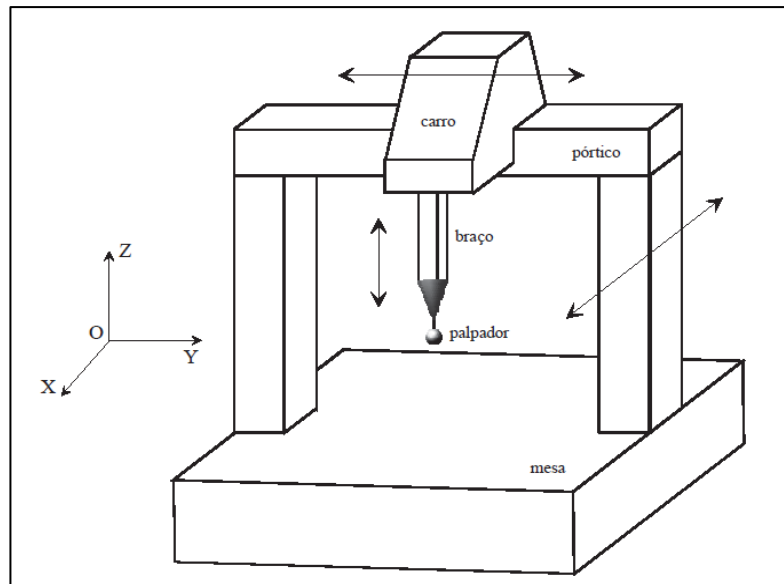


Figura 2.11 - Constituintes principais de uma máquina de medir por coordenadas

Um dos pontos cruciais das CMM para realizar medições com exatidão, flexibilidade e reduzir os custos de tempo é a configuração estrutural das mesmas. Deste modo, são apresentadas na Figura 2.12 as configurações mais usuais das máquinas CMM (Silva, 2015).

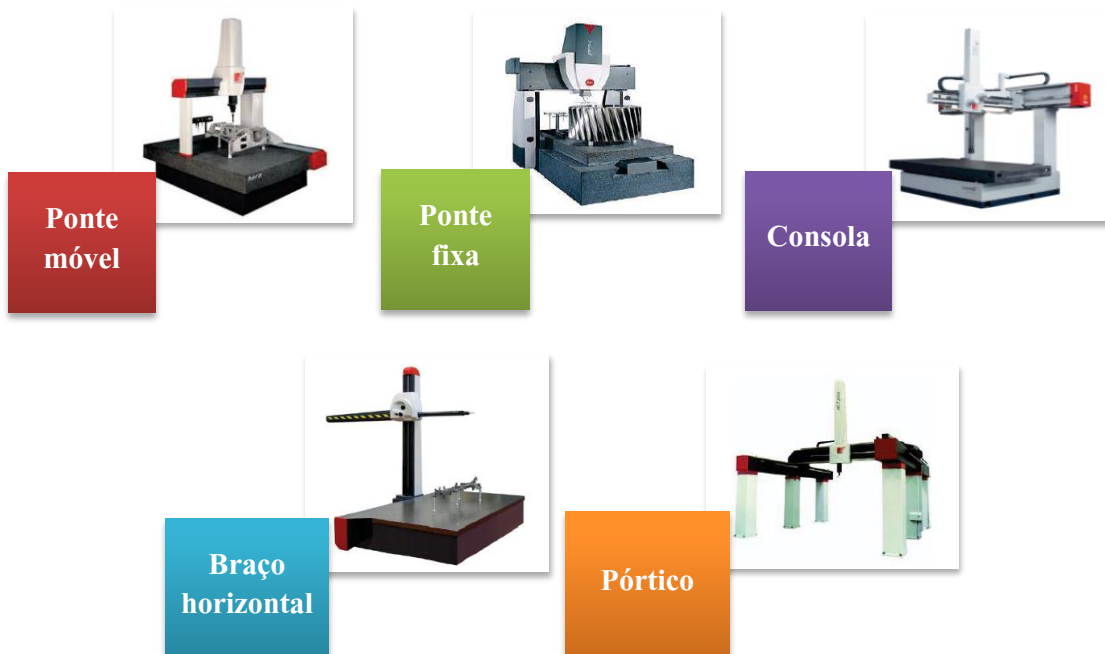


Figura 2.12 - Configurações de diferentes tipos de CMM

Para além da importância da configuração estrutural da máquina, é também necessário entender as etapas do procedimento de medição. Para a medição de uma peça recorrendo a uma CMM são necessários os seguintes passos apresentados abaixo (Silva, 2015):

1. Calibração do palpador respeitando o ponto de referência do cabeçote do palpador utilizando normalmente uma esfera calibrada;
2. Determinação da posição e orientação da peça (Sistema de Coordenadas da peça X_w , Y_w e Z_w) em relação ao sistema de coordenadas da máquina (X_m , Y_m e Z_m), tal como exemplificado na Figura 2.13;
3. Medição dos pontos da superfície da peça;
4. Avaliação dos parâmetros geométricos da peça;
5. Representação dos resultados obtidos da medição.

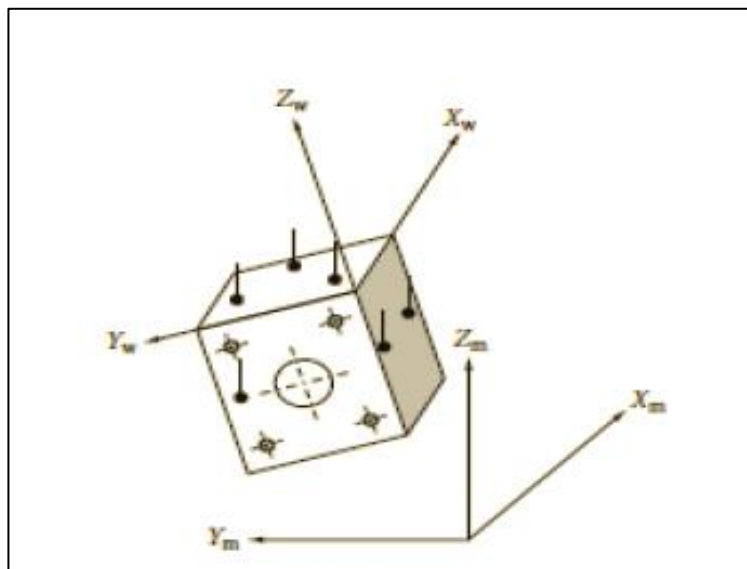


Figura 2.13 - Sistema cartesiano da peça e da máquina

2.5 Gestão de processos

2.5.1 Abordagem por processos

Tal como foi mencionado no capítulo anterior, a ISO 9001 tem como requisito a adoção de uma abordagem por processos sempre que se desenvolve, implementa e melhora a eficácia de um SGQ, de forma a aumentar a satisfação dos clientes tendo em conta os requisitos dos mesmos (International Organization for Standardization, 2015).

Também Duret & Pillet (2009), através do seu trabalho realizado, aconselham as organizações a adotar uma abordagem por processos para que estas possam gerir corretamente a qualidade dos seus processos, sejam eles técnicos ou administrativos.

Um processo é definido como um conjunto de atividades que se relacionam ou interagem transformando entradas em saídas (Costa & Cicco, 2007). Por outras palavras, um processo pode ser visto como um conjunto de atividades executadas por uma ou mais áreas funcionais de uma organização, que se encontram interrelacionadas e com uma entrada e uma saída, claramente definidas (Pires, 2007). Na Figura 2.14 podemos observar a representação de um processo genérico.

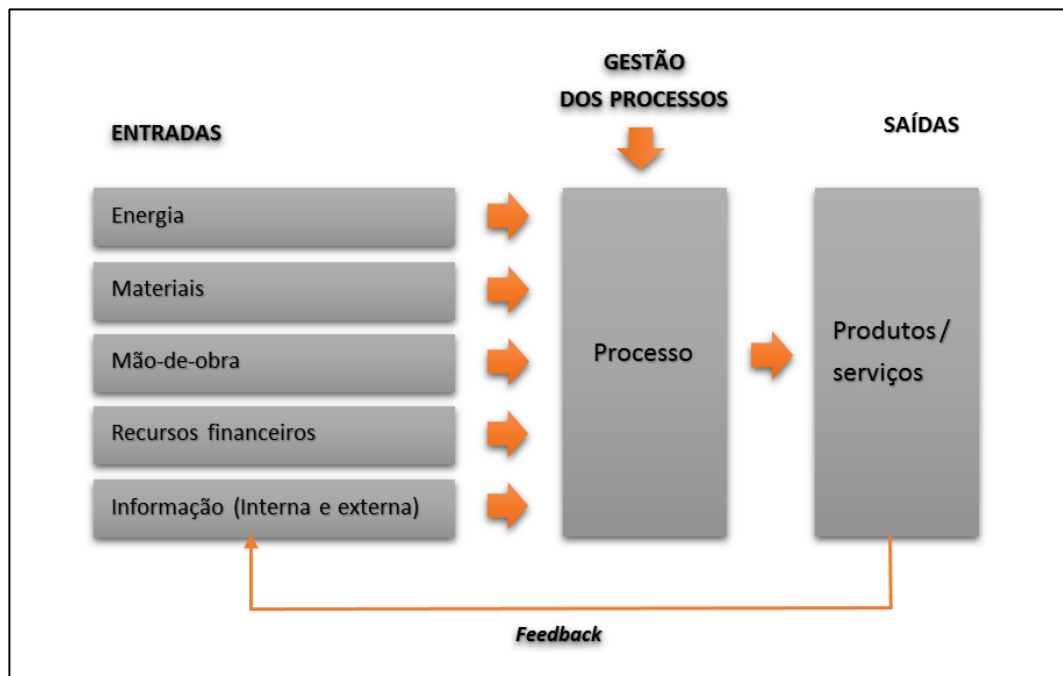


Figura 2.14 - Representação de um processo genérico

Podem ser identificados quatro tipos de processos (Costa & Cicco, 2007):

- Processos para a gestão de uma organização – são processos referentes ao planeamento estratégico, estabelecimento de políticas, definição de objetivos, entre outros;
- Processos para a gestão de recursos – processos referentes à provisão dos recursos;
- Processos de realização – todos os processos que fornecem saídas;

- Processos de medição, análise e melhoria – processos necessários para mensurar e coletar dados para análise do desempenho e melhoria da eficácia e eficiência.

Compreender e gerir processos interrelacionados como um sistema contribui para a eficácia e eficiência de uma organização, ou empresa, em alcançar os resultados pretendidos. Segundo a ISO 9001, esta abordagem possibilita à organização controlar e gerir passo a passo as interligações entre os processos do sistema, permitindo a melhoria da performance geral da organização (International Organization for Standardization, 2015).

A metodologia de implementação da abordagem por processos a seguir, segundo Costa & Cicco (2007), pode ser aplicada a qualquer tipo de processo e é composta pelos seguintes passos:

1. Identificação dos processos da organização;
2. Planeamento de um processo;
3. Implementação e medição do processo;
4. Análise do processo;
5. Ação corretiva e melhoria do processo.

Como ação corretiva e melhoria do processo deve ser aplicada a metodologia PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), mencionada anteriormente, tal como definida por Deming.

2.5.2 Normalização

A constante revisão e atualização dos processos, devido às ações corretivas e de melhoria através do ciclo PDCA, reflete-se num aumento significativo de competitividade. Isto é, os processos passam a ser realizados de forma mais eficiente, acrescentando valor ao produto e diminuindo os desperdícios (Pereira, 2013b).

Ferreira (2014), no seu trabalho de normalização da manutenção preventiva, declarou que uma das ações frequentemente implementadas é a normalização/standardização dos processos, de forma a criar uma simplificação do mesmo, eliminar esforços desnecessários em tarefas repetitivas, evitar ou minimizar desperdícios e aproveitar melhor o tempo.

“As normas ou *standards* são estabelecidos consensualmente e aprovados, contendo regras, guias, instruções e características das atividades a realizar” (Pereira, 2013b), em que a sua implementação é definida conforme as necessidades da organização, fazendo parte das decisões

estratégicas da mesma (Marques, 2015). Têm como finalidade a melhoria de um determinado processo ao nível do seu desempenho, do serviço prestado ao cliente ou unicamente para simplificar a comunicação ou a medida de algum indicador, afirmam Münstermann, Eckhardt & Weitzel (2010) no seu trabalho onde analisam o impacto do desempenho da normalização de processos em empresas.

Com base no trabalho de Coimbra (2009), a normalização é uma ferramenta de melhoria dos processos que pode ser aplicada a qualquer área, em que a sua implementação compreende cinco etapas distintas, representadas na Figura 2.15:

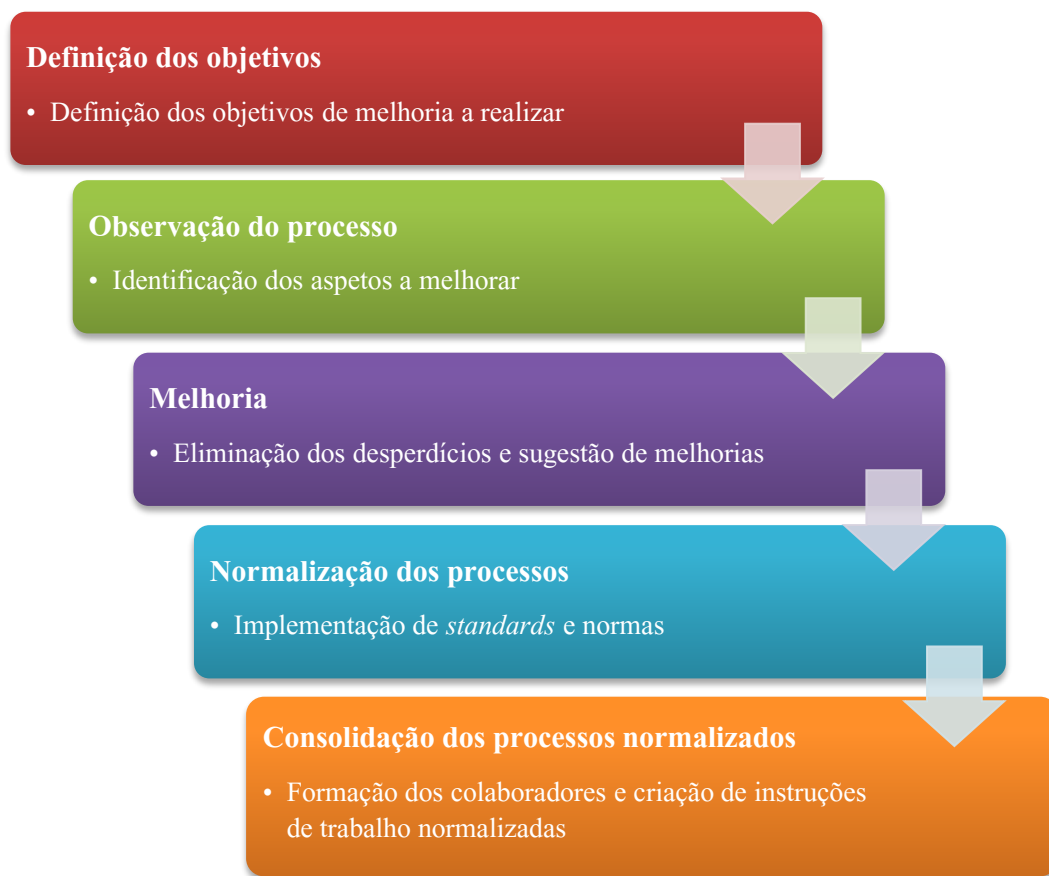


Figura 2.15 - Etapas para a implementação da normalização de processos

Através da fase de consolidação dos processos normalizados, a permanência das normas ou *standards* implementados é garantida, e com elas (Gonçalves, 2006):

- Garante-se que as tarefas são realizadas da melhor forma conhecida;
- Reduz-se a variabilidade dos processos;
- Obtém-se um know-how que permanece interno à empresa.

“As normas são conseguidas de forma iterativa, e a sua melhoria não tem fim. É importante que numa organização exista disciplina para existir cumprimento das normas” (Gonçalves, 2006).

Capítulo 3

A EMPRESA E O LABORATÓRIO

3. A EMPRESA E O LABORATÓRIO

3.1 Grupo Bosch

3.1.1 História

A empresa Bosch deve a sua designação ao seu fundador, Robert Bosch (1861-1942) que com apenas 25 anos fundou em Estugarda, na Alemanha, a sua primeira oficina de mecânica de precisão elétrica. O nome ficou desde sempre relacionado à indústria automóvel.

Com a sua primeira invenção, um magneto de baixa tensão aplicado ao sistema de ignição de automóveis, foi concebido o símbolo que perdura até aos dias de hoje no logótipo da Bosch e é reconhecido em todo o mundo como a imagem da empresa (Figura 3.1).



Figura 3.1 - Logótipo do Grupo Bosch

Sediada em Schillerhöhe, na periferia de Estugarda, a Bosch é uma das maiores empresas da Alemanha. É responsável por cerca de 440 empresas subsidiárias em aproximadamente 60 países e cerca de 389 mil colaboradores espalhados pelo mundo. É líder mundial no fornecimento de tecnologia e oferece produtos e serviços para uso profissional e particular.

3.1.2 Missão, visão e valores

No espírito do fundador, Robert Bosch, a empresa tem como objetivo garantir o seu futuro assegurando um desenvolvimento forte e significativo e também preservando a sua independência financeira.

A missão da empresa resume-se à filosofia “Tecnologia para a Vida”, sendo a motivação que os conduz à criação de produtos que entusiasmam, melhorem a qualidade de vida das pessoas e ajudem a conservar recursos naturais (Bosch Car Multimedia Portugal, 2015).

Os seus focos estratégicos são o que levam a empresa ao sucesso e ao seu constante crescimento a nível mundial. É uma empresa que tem foco no cliente, adaptando os seus produtos às necessidades dos mesmos e criando modelos de negócio inovadores, influencia a mudança e procura a excelência através da constante comparação do seu desempenho em relação aos concorrentes mais fortes.

A cultura Bosch, a inovação, a qualidade e a presença global são as principais forças da empresa e é orientada por valores, uns derivados do próprio fundador e outros que surgiram ao longo do tempo. São valores que motivam a busca diária pelo sucesso e melhoria, indicando aquilo que realmente importa.

Os valores pelos quais o Grupo Bosch se orienta são os seguintes (Bosch Car Multimedia Portugal, 2015):

- Orientação para o futuro e resultados;
- Responsabilidade e sustentabilidade;
- Iniciativa e determinação;
- Transparência e confiança;
- Equidade;
- Fiabilidade, credibilidade e legalidade;
- Diversidade.

3.1.3 Divisões do grupo

As operações do Grupo estão divididas em quatro áreas de negócio e cada uma delas em várias divisões, tal como se encontra exposto na Figura 3.2, e em todas elas a Bosch ocupa um lugar central como um dos maiores fornecedores a nível mundial, com principal destaque na tecnologia automóvel.

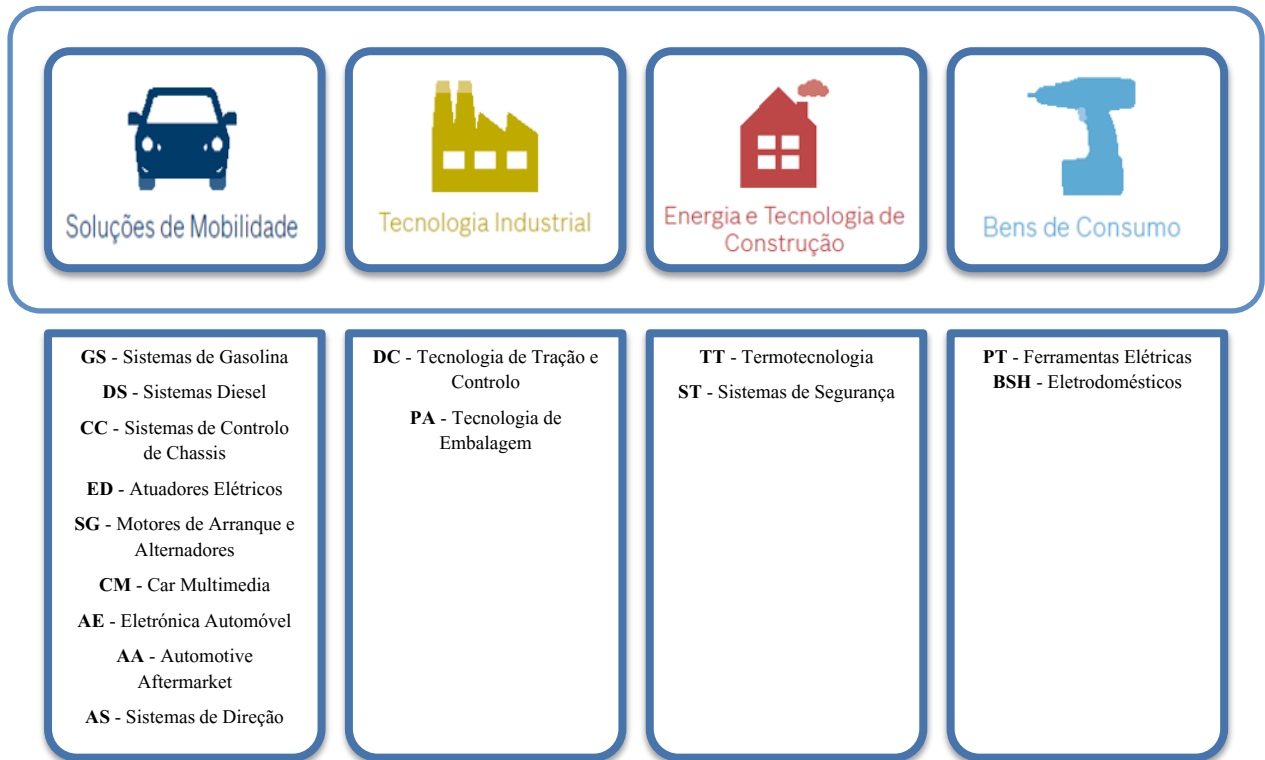


Figura 3.2 - As quatro áreas de negócio do Grupo Bosch e suas divisões

3.2 Grupo Bosch em Portugal

O Grupo Bosch teve a sua primeira representação em Portugal em 1911, contando atualmente com cerca de 4.500 colaboradores, que fazem dele um dos maiores empregadores industriais a nível nacional.

Está representado em quatro localizações (Figura 3.3), desenvolve e fabrica uma larga gama de produtos, a maior parte dos quais exportados para mercados internacionais.



Figura 3.3 - Representações do Grupo Bosch em Portugal

3.3 Bosch Car Multimedia Portugal

A Bosch Car Multimedia Portugal, localizada em Braga, pertence à maior área de negócios do Grupo Bosch, Soluções de Mobilidade, que gera a maior percentagem de vendas da empresa fazendo dela um dos maiores fornecedores de tecnologia automóvel do mundo.

Esta unidade de Braga iniciou a sua atividade em 1990 e é a principal fábrica da divisão CM da Bosch a nível mundial e a maior empresa do Grupo em Portugal.

3.3.1 Produtos

O seu negócio principal passa pela produção e desenvolvimento de sistemas de informação e entretenimento e sistemas de instrumentação para a indústria automóvel, desde a construção do protótipo até à produção em série.

As principais áreas de atuação da Car Multimedia e os seus respetivos produtos são os apresentados seguidamente (Ver Figura 3.4 à Figura 3.7).



Figura 3.4 - Área AI e seus respectivos produtos



Figura 3.5 - Área IS e seus respectivos produtos



Figura 3.6 - Área PS e seus respectivos produtos



Figura 3.7 - Área MS e seus respetivos produtos

3.3.2 Departamentos e Secções

A empresa está organizada em duas áreas funcionais, área comercial (PC) e área técnica (PT). A área comercial inclui todos os departamentos que não têm relação direta no produto final e a área técnica inclui todos os departamentos com influência direta no fabrico e qualidade dos produtos.

Este projeto foi realizado no departamento de Desenvolvimento (ENG) da empresa, tal como é realçado na Figura 3.8.

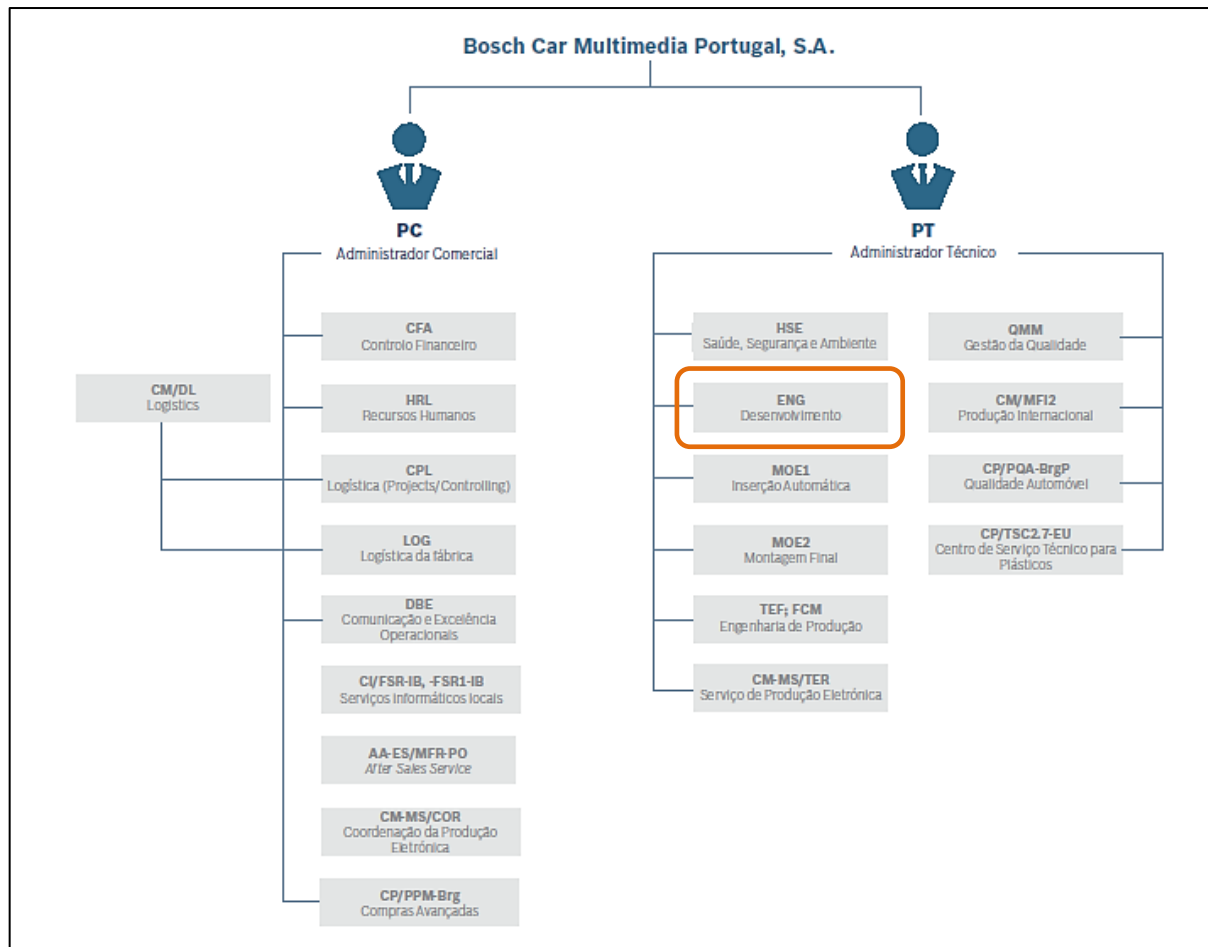


Figura 3.8 - Áreas funcionais da Bosch Car Multimedia Portugal e seus departamentos

O departamento do Desenvolvimento encontra-se dividido em secções, dentro das quais se encontra o Laboratório de Metrologia (ENG-LAB), onde foram executados todos os trabalhos de uniformização de processos (Ver Figura 3.9).

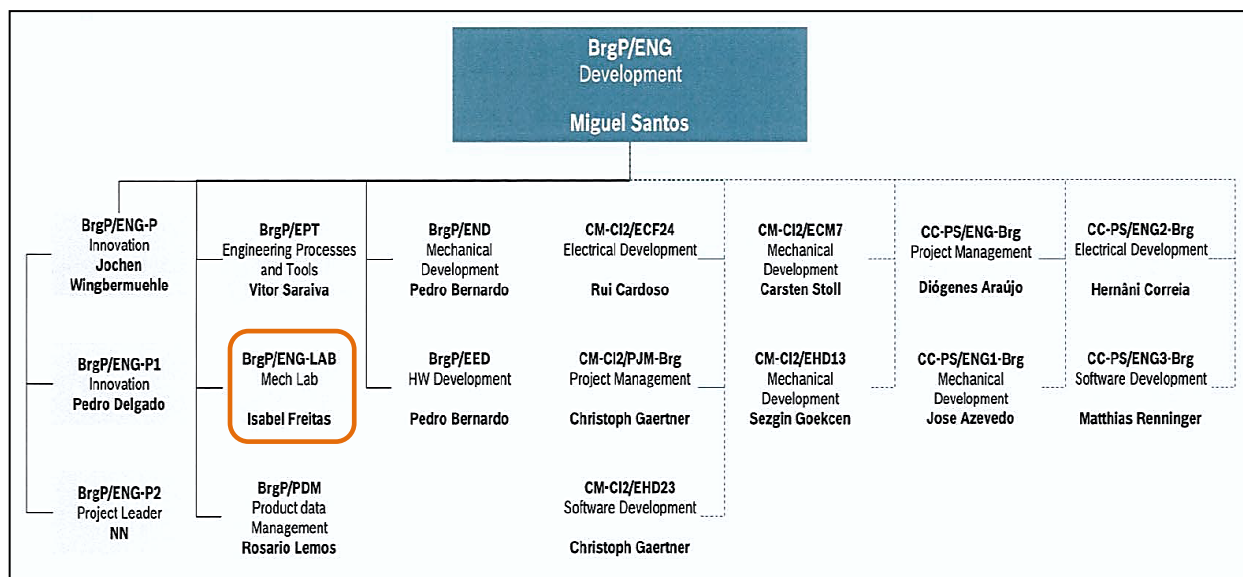


Figura 3.9 - As diversas secções do departamento de Desenvolvimento

3.4 O Laboratório de Metrologia

3.4.1 Descrição

Como parte integrante da estrutura do departamento de engenharia, o laboratório de metrologia fornece equipamentos, métodos, critérios e conhecimentos para a avaliação e otimização de produtos através da medição de dimensões mecânicas e geométricas.

Nesta secção são realizadas avaliações dimensionais de peças individuais e produtos assemblados para várias entidades, estudos de capacidade, controlo estatístico de processos, entre outros.

Para além disso, o laboratório tem preocupação em satisfazer os seus clientes internos e externos melhorando continuamente a precisão, relevância, transparência e velocidade dos seus métodos de medição e critérios de aprovação de peças.

3.4.2 Organigrama

O Laboratório de Metrologia encontra-se dividido em quatro equipas de trabalho que realizam diferentes tipos de tarefas, tal como se encontra representado na Figura 3.10.

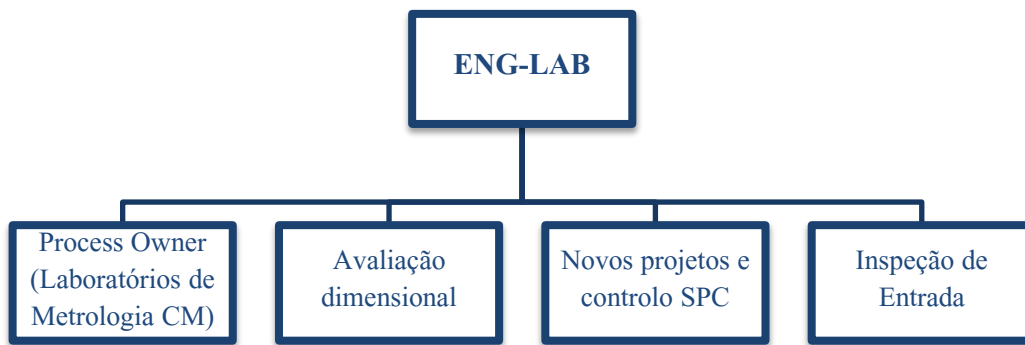


Figura 3.10 - Organograma da secção do Laboratório de Metrologia

Process Owner: Responsável pela gestão de equipamentos, elaboração de instruções de trabalho (IT's) e standardização de processos dos laboratórios de metrologia a nível de Car Multimedia;

Avaliação dimensional: Realiza avaliações dimensionais em todas as fases de desenvolvimento de um produto, integra equipas de *problem solving* aquando de reclamações ou dificuldades de montagem na linha de produção;

Novos projetos e controlo SPC: Acompanha o desenvolvimento de peças e produtos durante a fase de projeto contribuindo com o seu *input* na realização de desenhos, métodos de medição e desenvolvimento de “*jig's*” e realiza avaliações estatísticas periódicas para controlo de processos;

Inspeção de entrada: Trata das avaliações dimensionais de componentes de produtos de forma a assegurar a conformidade dos mesmos antes de prosseguir para a produção.

3.4.3 Layout

Esta é uma secção da empresa que possui duas áreas distintas: a área de escritórios, onde os colaboradores se dedicam à elaboração de relatórios, análise de desenhos mecânicos, discutem informalmente alguns aspetos relativos aos produtos e, a área do laboratório, onde se encontram todos os equipamentos necessários á execução de medições de partes e produtos finais, assim como áreas próprias para receção e expedição dos mesmos.

Na Figura 3.11 apresenta-se o atual layout do laboratório.

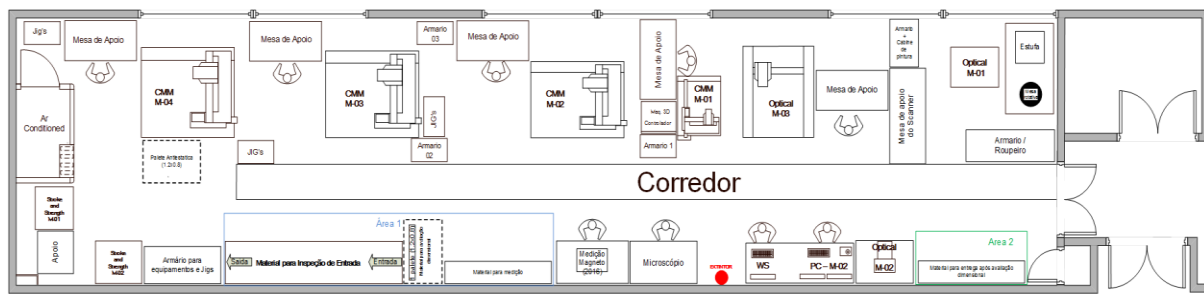


Figura 3.11 - Layout do Laboratório de Metrologia

3.4.4 Atividades da equipa

Tal como mencionado anteriormente, cada equipa de trabalho realiza diferentes atividades. Estas atividades são efetuadas em diferentes fases de desenvolvimento de um projeto, sendo elas:

- **Fase A:** PSP - Prototype Sample Production
- **Fase B:** DSP - Development Sample Production
- **Fase C:** TSP - Tool Sample Production
- **Fase D:** Pilot - Pre-production
- **SOP:** Start of Production
- **Mass:** Mass Production

Dependendo do que é necessário ser analisado no laboratório, produto final ou partes do produto, existem tarefas a serem realizadas para cada um. Caso seja produto final, as atividades que são efetuadas são as seguintes:

- **Product Approval (FEP) – Aprovação do produto:** Avaliações dimensionais e testes mecânicos a especificações do produto normalizadas, nas diferentes fases de desenvolvimento;
- **Initial Sample Inspection Report (I.S.I.R.) – Relatório inicial de inspeção da amostra:** medições efetuadas a todas as dimensões do desenho técnico como primeiro *status* do produto;

- **Statistical Sample Inspection Report (SPC / CpK) – Relatório estatístico de inspeção da amostra:** relatório de verificação da variabilidade do processo ou do produto ao longo do tempo;
- **Product from Warranty – Produto proveniente da garantia:** inclui defeitos de campo (Field) encontrados pelo cliente final ou defeitos 0 km/0 horas verificados pelo cliente da empresa.
- **Samples for Reliability tests – Amostras para testes de confiabilidade:** serviço requisitado para testes de confiabilidade em determinados produtos;
- **Mass Production Evaluation (VA's) – Avaliação da produção em massa:** avaliação das consequências de alterações nos produtos ou nos processos, que possam influenciar o dimensionamento final do produto que se encontram em produção;
- **Product Audit (PA) – Auditoria do produto:** avaliações anuais realizadas ao produto.

No caso de peças do produto, as atividades que podem ser realizadas são as seguintes:

- **Incoming Material – Material de entrada:** verificação das dimensões de 14 unidades por lotes de produção do fornecedor de forma periódica;
- **Statistical Process Control (SPC) – Controlo estatístico do processo:** estudos estatísticos para controlar o processo de produção de produtos completos da empresa;
- **Frequent Evaluations – Avaliações frequentes:** são efetuadas sempre que o serviço é requisitado, como por exemplo Failure of Rate (FOR), quando existe uma dificuldade de montagem associada a um desvio dimensional.

3.4.5 Condições térmicas

O Laboratório de Metrologia não é considerado como uma área electrostática protegida (Electrostatic *Protected Area* - EPA) e, por isso mesmo, rege-se pela norma VDI / VDE 2627. Esta norma especifica que:

- Temperatura = $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Humidade relativa entre 40% e 60%.

Capítulo 4

PROJETO

4. PROJETO

Tal como foi mencionado no capítulo anterior, a presente dissertação de mestrado foi realizada num laboratório mecânico de metrologia, tendo como principal objetivo o desenvolvimento de um projeto que se baseia na criação de métodos de uniformização para o processo de medição em determinados equipamentos tridimensionais.

O laboratório mecânico de metrologia possui uma vasta gama de equipamentos técnicos especializados na área, que vão desde equipamentos de visão, equipamentos de forças e cursos, equipamento *scanner* e equipamentos de medição por coordenadas (Figura 4.1 à Figura 4.4). De uma forma mais detalhada, neste momento os equipamentos alocados à secção em questão são os seguintes:

- Equipamentos de visão

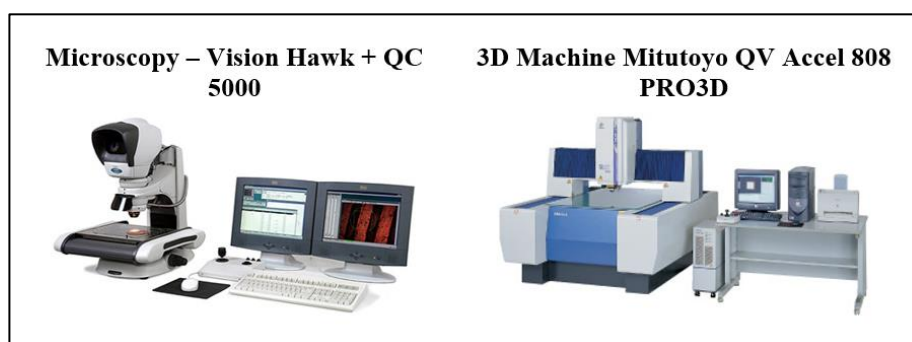


Figura 4.1 – Equipamentos de visão do laboratório

- Equipamentos de forças e cursos

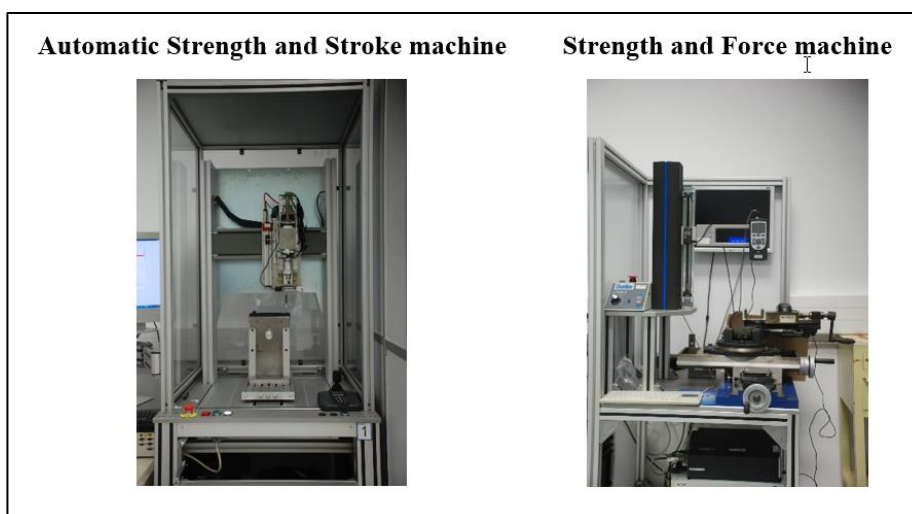


Figura 4.2 – Equipamentos de forças e cursos do laboratório

- Equipamento *scanner*



Figura 4.3 – Equipamento Scanner do laboratório

- Equipamentos de medição por coordenadas



Figura 4.4 – Equipamentos de medição por coordenadas do laboratório

4.1 Definição do problema

Com o progressivo desenvolvimento tecnológico, contratação de técnicos e consequente expansão do laboratório ao longo dos anos, desde que este foi criado, surgiu a necessidade de adquirir novos equipamentos e com maior precisão. Então, para justificar essa necessidade é

gerado mensalmente um gráfico que mostra a ocupação mensal dos mesmos, em horas por tipo de máquina. Inicialmente como a quantidade e variedade de equipamentos no laboratório era diminuta, o gráfico realizado apresentava a estrutura da Figura 4.5.

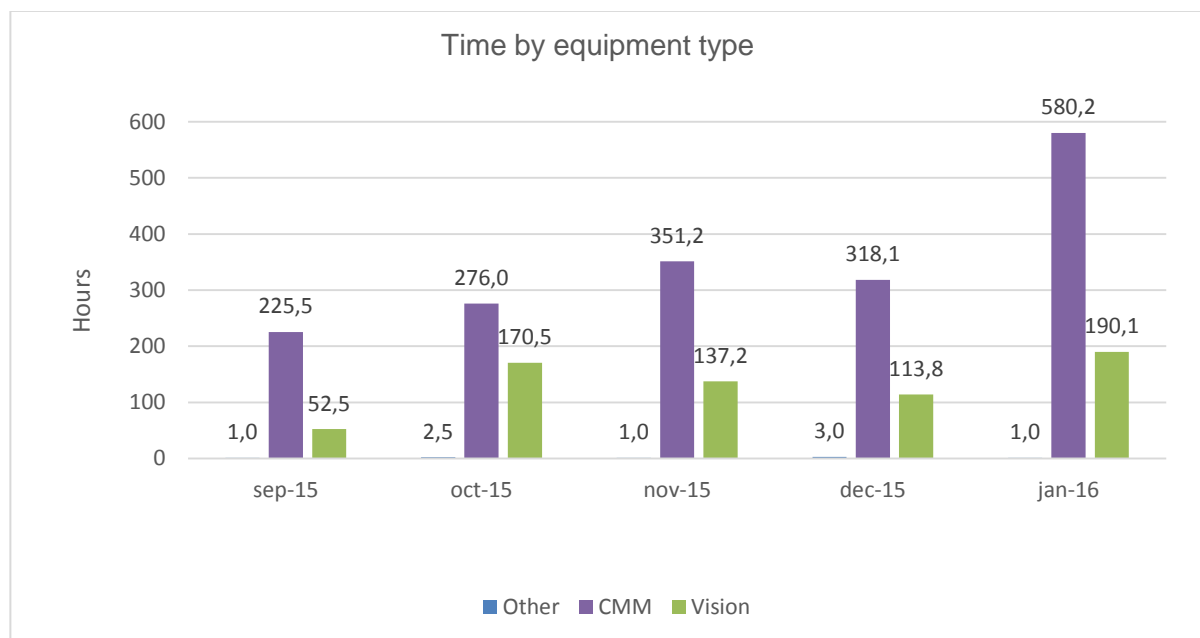


Figura 4.5 – Tempo por tipos de equipamentos

Classificados como outros (“*Other*”) estão ferramentas de medição menos precisas e menos utilizadas para avaliações dimensionais, tais como paquímetros, micrómetros, sutas, entre outros. Como CMM são apenas consideradas duas máquinas de medição por coordenadas, nomeadamente a BHN 305 e a Crysta Apex Series C 900. Quanto aos sistemas de visão (“*Vision*”), até à data da elaboração do gráfico apenas se encontrava alocada ao laboratório o microscópio Vision Hawk + QC 5000.

Sempre que foi perceptível um aumento acentuado no número de horas de ocupação de determinado tipo de equipamento ao longo dos meses e, acima de tudo, fosse justificável, era requisitado um investimento num novo equipamento desse mesmo tipo, de modo a garantir o bom funcionamento do laboratório evitando a sobrecarga de trabalho por indisponibilidade de equipamentos. Por isso, este é um gráfico que ainda é realizado todos os meses como forma de averiguação e gestão do estado de ocupação dos equipamentos.

Com a aquisição de diversos tipos de equipamentos ao longo do tempo, o gráfico foi sendo alterado e adequado às necessidades, passando a incluir os equipamentos adquiridos. Assim, passou a fazer parte integrante do mesmo todos os equipamentos alocados ao laboratório,

mencionados anteriormente, tal como se encontra exposto no gráfico da Figura 4.6. Estão contempladas as quatro máquinas de medição por coordenadas, dois microscópios, um *scanner* 3D e duas máquinas de forças e cursos.

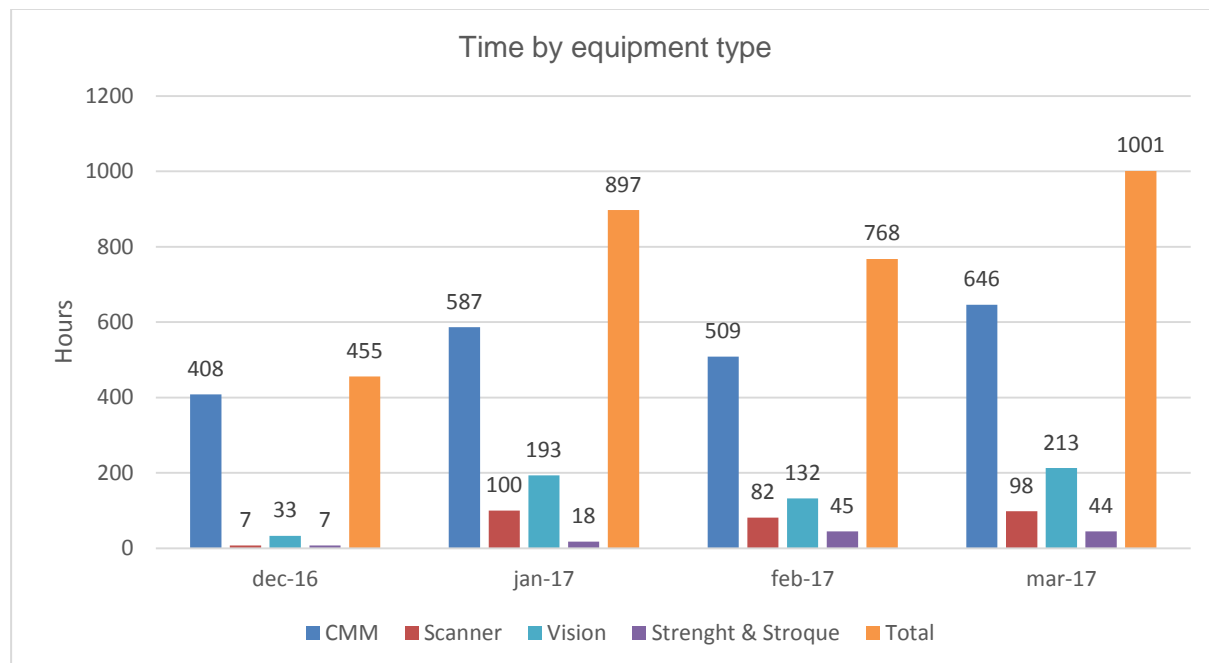


Figura 4.6 – Tempo por tipos de equipamentos após alteração

Com o passar do tempo, as máquinas de medição por coordenadas (CMM) tornaram-se o equipamento mais requisitado, tal como é evidente no gráfico da Figura 4.6, assumindo valores bastante superiores aos restantes equipamentos. Por este motivo e também pelo facto destas funcionarem de forma individual e possuírem características diferentes entre elas, geraram-se problemas a nível da gestão de ocupação por parte dos técnicos do laboratório.

Como tentativa de resolução do problema, foi decidido que a atribuição dos equipamentos aos técnicos seria realizada numa reunião para melhorar a coordenação da equipa de trabalho e minimizar os tempos mortos entre utilizações de equipamentos por parte de diferentes pessoas. Esta atribuição é realizada todos os dias no início do horário de trabalho na referida reunião, onde cada pessoa menciona as tarefas que tem para executar, bem como o equipamento em que deve ser feito.

O quadro de afetação utilizado (Figura 4.7) encontra-se dividido em colunas onde estão designados os diversos equipamentos do laboratório e, por linhas, onde se apresentam os nomes

de todos os técnicos da secção. Todos os participantes da reunião colocam então um ou mais cartões no local respectivo ao seu nome e equipamentos que pretendem utilizar. Estes cartões possuem diferentes cores dependendo da urgência das tarefas a executar, sendo assim estabelecida uma ordem de ocupação em cada um dos equipamentos.

Equipamento	R1 BOM 303	R2 Crysta 1	R3 Crysta 5	R4 Crysta 6	Quick Vision	Vision Hawk	Steinbüchler	Strength & Straus	Software Office
Alessandro									
António									
Bruno									
Célia									
Adriana									
Cândida									
Diogo									
Orlando									
Rui Gomes									
Rui Oliveira									
Lilian									
Nuno									
Luis Maia									
Tânia									
Lúcia Ferreira									
Clotilde									
Ricardo									
Rui Faria									

Figura 4.7 – Quadro de afetação das reuniões diárias

Tal como mostra o exemplo da Figura 4.7 no quadro de afetação de uma das reuniões diárias realizadas, a requisição de equipamentos não é efetuada de uma forma equilibrada, permitindo que uns equipamentos estejam mais ocupados do que outros. Isto faz com que certas tarefas tenham de ser adiadas devido à indisponibilidade do equipamento desejado e os técnicos do laboratório corram o risco de apresentar os resultados da medição já fora do prazo estabelecido. Foi assim que, da carência de um equilíbrio de ocupação de máquinas no laboratório, surgiu a ideia da criação de métodos de normalização para o processo de medição nas máquinas CMM, uma vez que estas são as mais requisitadas e se encontram em maior número.

Para levar a cabo este projeto, foi seguido o ciclo de melhoria contínua PDCA, sendo todos os passos apresentados nas secções seguintes.

4.2 Plan (Planear)

Nesta fase inicial de planeamento foi realizada a análise do problema e o estabelecimento dos objetivos a cumprir para a concretização deste projeto.

Em primeiro lugar procedeu-se à caracterização e descrição das máquinas de medição por coordenadas, às quais foi atribuída a designação utilizada pelo laboratório para uma fácil e rápida identificação (Tabela 4.1). Para todas elas, foi averiguada a data de aquisição, verificados os volumes úteis de medição e os volumes úteis de medição calibrados, bem como o *software* utilizado.

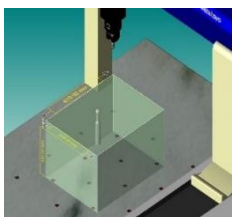
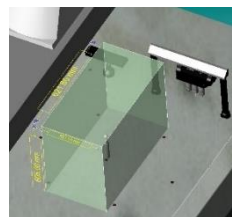
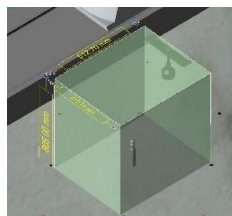
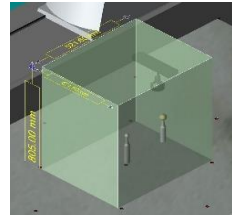
Tabela 4.1 – Designações atribuídas às CMM's

CMM1	CMM2
3D Machine Mitutoyo BHN 305	3D Machine Mitutoyo Crysta Apex Series S 700
CMM3	CMM4
3D Machine Mitutoyo Crysta Apex Series S 900	3D Machine Mitutoyo Crysta Apex Series C 900

A designação utilizada é uma ordem numérica, tal como se pode observar na Tabela 4.1, sendo atribuída de acordo com a localização das máquinas no laboratório, ou seja, o equipamento com a designação CMM1 é o que se encontra mais próximo do local de entrada e o último equipamento, com designação CMM4, é o que se encontra na parte mais afastada da mesma. Para uma observação mais pormenorizada é possível consultar o Anexo I onde se encontra o *layout* do laboratório em maiores dimensões.

Relativamente ao volume útil de medição, este encontra-se definido nos *settings* do equipamento e é o volume dentro do qual são efetuadas medições sem condicionar o movimento do palpador. Quanto ao volume útil de medição calibrado, é o volume considerado aquando da calibração do equipamento. Para verificação de valores, pode-se observar a Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Caracterização do volume das CMM's

Máquina	Ano de aquisição	Volume de medição (mm)	Volume de calibração (mm)	Imagem
CMM1	1990	X = 300	X = 300	
		Y = 500	Y = 500	
		Z = 350	Z = 350	
CMM2	2016	X = 700	X = 700	
		Y = 1000	Y = 1000	
		Z = 600	Z = 600	
CMM3	2016	X = 900	X = 900	
		Y = 1000	Y = 1000	
		Z = 800	Z = 800	
CMM4	2005	X = 900	X = 900	
		Y = 1000	Y = 1000	
		Z = 800	Z = 800	

Esta calibração das CMM's é efetuada anualmente, tal como a manutenção das mesmas. A periodicidade destas atividades de manutenção e calibração é determinada pela empresa ou, em casos mais delicados é definida pelo chefe da secção onde o equipamento se encontra alocado. Neste caso os equipamentos de medição por coordenadas têm uma manutenção e calibração anual, efetuadas por empresas externas contratadas, podendo ser mais frequentes em caso de problemas técnicos ou avarias dos mesmos.

No Anexo II estão os últimos certificados de calibração das CMM's, realizados no ano presente.

O *software* utilizado neste tipo de equipamentos de medição por coordenadas é o MCOSMOS Coordinate Measuring Machine Software da Mitutoyo e desenvolvido pelo MiCAT (Mitutoyo

Intelligent Computer Aided Technology). MCOSMOS é considerado o padrão mundial em *software* de metrologia.

Seguidamente foi efetuada uma análise à constituição física dos equipamentos em questão para que pudessem ser apuradas as principais diferenças entre elas que, de alguma forma, se tornassem uma barreira para a realização dos métodos de uniformização do processo de medição. São então apresentadas algumas imagens que ilustram a situação inicial relativa à constituição física das CMM's, que foram objeto de estudo durante a realização deste projeto.

Na Figura 4.8 está exposta a CMM1, também identificada como BHN, que é máquina de medição por coordenadas mais antiga da laboratório, adquirida em 1990. É uma máquina de pequenas dimensões e que apresenta algumas limitações para produtos de maiores dimensões, uma vez que o seu volume útil é pequeno. Possui algumas furações na base de granito, tal como é possível observar na imagem, que servem de fixação a bases de apoio ou acessórios utilizados para construção de montagens de suporte às peças e produtos. Para além disso este equipamento tem três palpadores calibrados, de dimensões e formas distintas que podem ser usadas em diferentes situações durante o processo de medição.

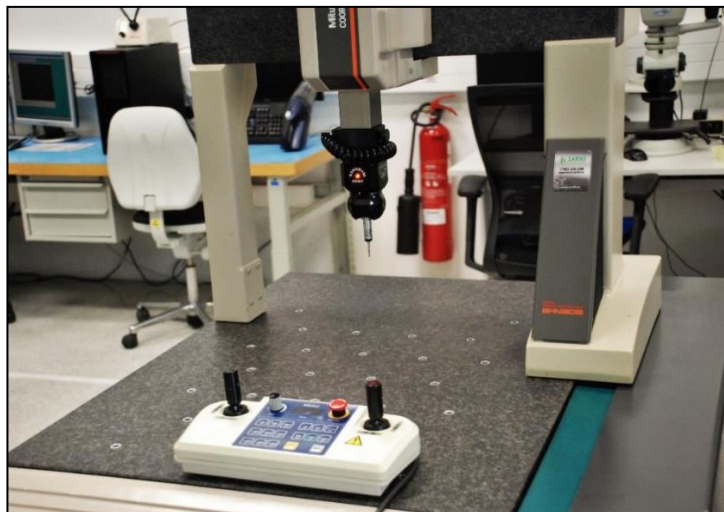


Figura 4.8 – CMM1 antes do processo de uniformização

Na imagem da Figura 4.9, apresenta-se a CMM2. É uma das máquinas mais recentes, adquirida em 2016 e é caracterizada pela existência de duas árvores de palpadores fixas na sua base de granito. Comparativamente às restantes CMM's, esta possui um volume útil de medição

intermédio, podendo ser utilizada para peças e produtos de maiores dimensões. É também possível observar pela imagem que a máquina tem uma base de alumínio fixa sobre a base de granito que foi colocada após a aquisição do equipamento, ao contrário do que acontece na CMM1. Esta máquina apesar de também ter uma furação na sua base de granito, não é compatível com a CMM1 pois a furação varia com as dimensões das máquinas e, por esse motivo, foi implementada a base de alumínio com uma reprodução baseada na furação da base da CMM1, de modo a que outros trabalhos e montagens fossem aproveitadas.

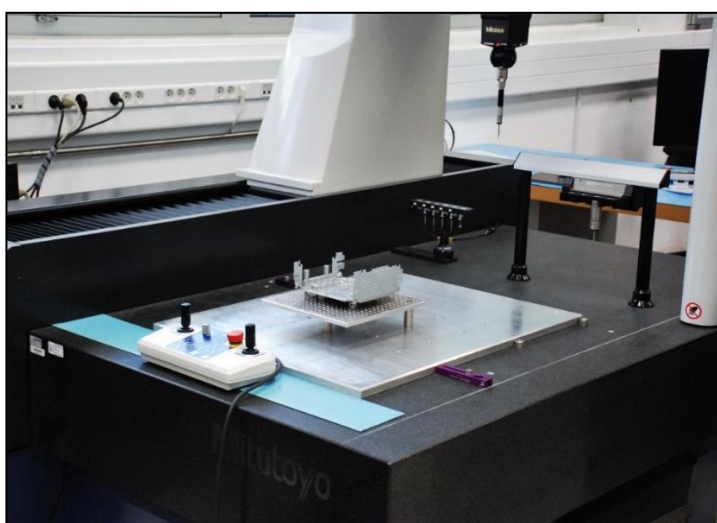


Figura 4.9 – CMM2 antes do processo de uniformização

A CMM3 foi adquirida no final de 2016 e encontra-se na Figura 4.10. Ao contrário do que acontece na situação anterior, esta máquina é caracterizada pela inexistência de uma base de alumínio fixa na base de granito. Neste caso as bases de apoio às montagens são colocadas diretamente na base de granito sem qualquer referência comum às duas máquinas anteriores. Ou seja, neste equipamento não havia, no início do estudo, qualquer reprodução da furação da CMM1 ou base fixa com furação semelhante à CMM2.

No entanto, esta máquina de medição por coordenadas também possui uma árvore de palpadores idêntica a uma das árvores de palpadores da CMM2. Para além disso o seu volume útil de medição é superior ao volume das máquinas anteriores e, por isso mesmo, é utilizada para medição dos produtos da empresa com maiores dimensões, uma vez que estas dimensões possibilitam um melhor movimento e rotação do palpador.

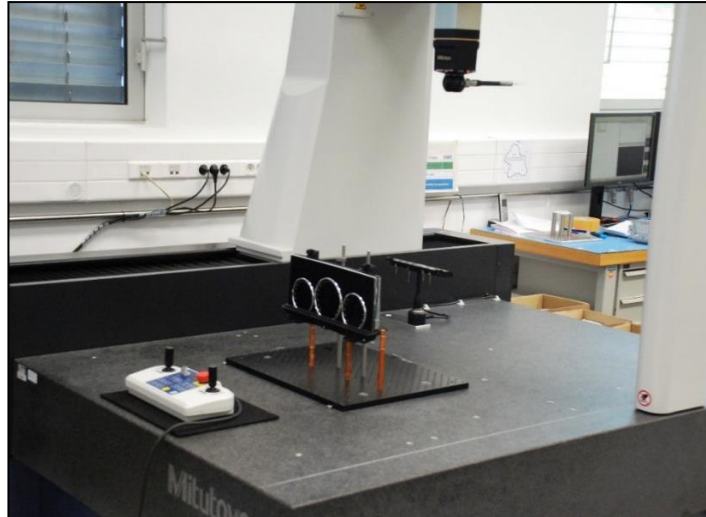


Figura 4.10 – CMM3 antes do processo de uniformização

Na Figura 4.11 apresenta-se a CMM4, uma das máquinas de medição por coordenadas mais antigas, adquirida no ano de 2005. Muito similar à CMM3, esta máquina tem o mesmo volume útil de medição e também uma árvore de palpadores idêntica. Em contrapartida, a CMM4 tem uma base de alumínio fixa na base de granito, reprodução da furação da base da CMM1, tal como acontece na situação da CMM2.

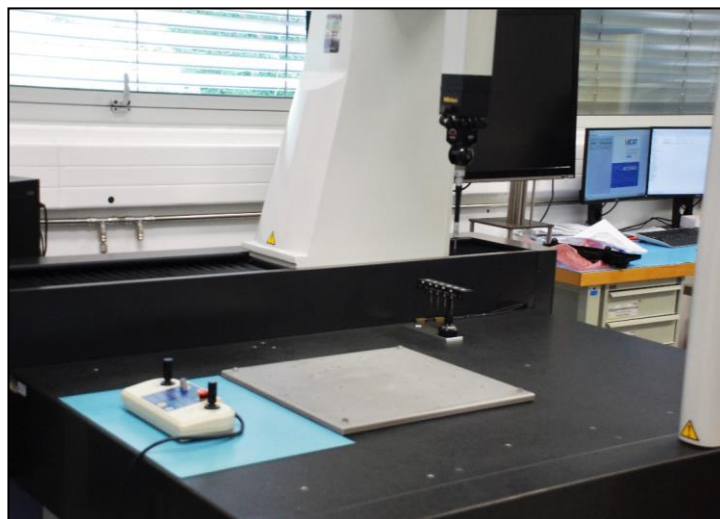


Figura 4.11 – CMM4 antes do processo de uniformização

É importante também realçar que, a nível de *software*, apesar de todas as CMM's utilizarem o mesmo programa de metrologia (MCOSMOS), todas elas funcionam de forma individual e independente umas das outras. Ou seja, não é possível aceder à base de dados de um

equipamento através de outro sem que seja utilizada a rede interna da empresa para a transferência dos ficheiros pretendidos.

Posteriormente a esta análise e reconhecimento das principais diferenças entre CMM's, foram identificados os problemas e estabelecidos os objetivos a realizar para a criação de métodos de uniformização para o processo de medição.

Os principais problemas identificados para as quatro CMM's, que foram alvo de uma intervenção, estão expostos na Tabela 4.3, bem como as respetivas soluções/objetivos propostos. Algumas das soluções propostas foram definidas com a ajuda dos técnicos do laboratório, nomeadamente a definição de uma origem comum e a criação de uma rede interna, e outras através da observação do estado inicial do mesmo.

Tabela 4.3 – Principais problemas e as suas soluções

Problemas identificados	Soluções/objetivos
1. Bases fixas apenas em algumas CMM's;	Colocação de bases fixas iguais para todas as CMM's
2. Volumes úteis de medição distintos;	Definição de uma origem comum a todas as CMM's
3. Árvores de palpadores com diferentes palpadores e desorganizadas;	Aquisição de palpadores iguais para todas as CMM's e organização da árvore de palpadores
4. Máquinas a funcionar de forma individual e pouco eficiente.	Criação e preparação de uma rede interna comum

O propósito da colocação de bases fixas iguais para todas as máquinas de medição por coordenadas (Ponto 1) é suprimir as diferenças existentes entre elas e proporcionar as mesmas condições de fixação de peças e produtos, isto é, facilitar a reprodução de montagens criadas anteriormente.

Visto que a solução a ser implementada partiu da ideia da uniformização da furação da base de granito da CMM1, criada pela Mitutoyo, com a furação das bases móveis da mesma marca, procedeu-se à execução do desenho técnico da base fixa com as dimensões pretendidas, apresentado na Figura 4.12 e Figura 4.13.

Informações mais detalhadas encontram-se no Anexo III.

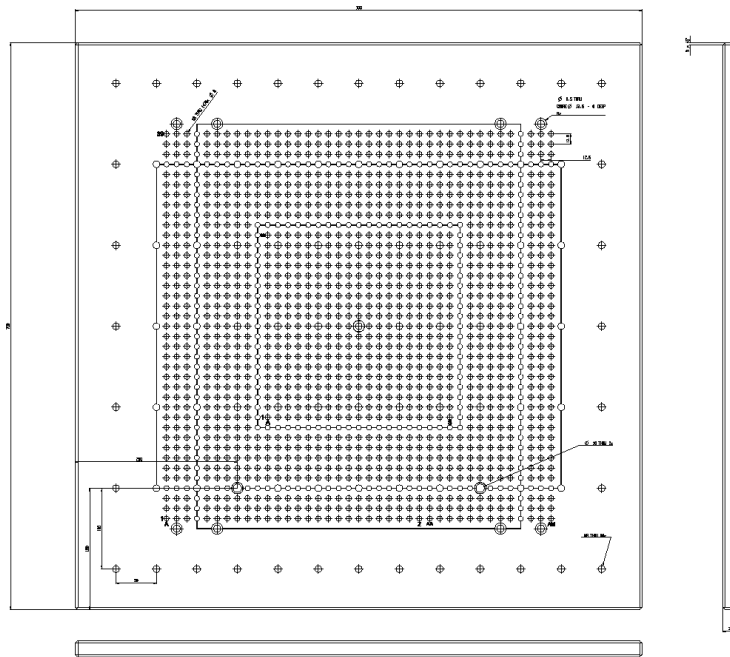


Figura 4.12 – Desenho técnico da nova base fixa

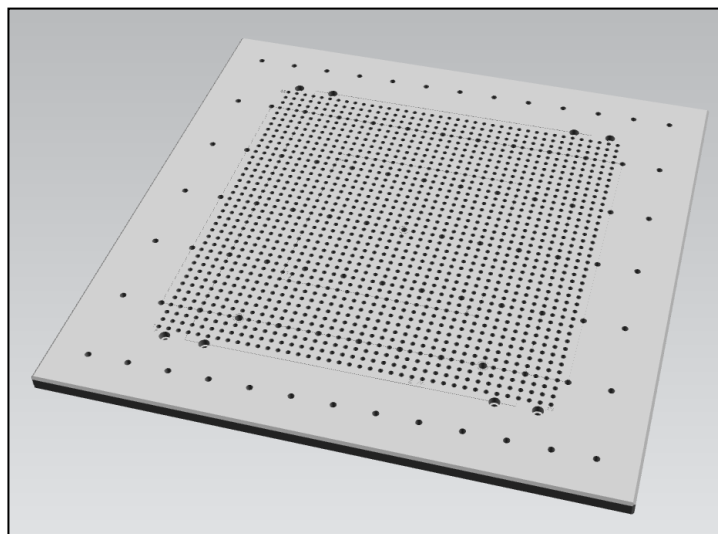


Figura 4.13 – Desenho 3D da nova base fixa

Quanto ao facto dos volumes úteis de medição das CMM's serem diferentes (Ponto 2), pretende-se definir uma origem localizada num ponto específico das novas placas que serão adquiridas. Isto significa que todas as máquinas de medição por coordenadas terão o mesmo sistema de eixos com uma origem comum, a partir da qual será efetuado todo o trabalho de programação. Desta forma, a diferença existente nos comprimentos dos eixos será anulada.

A existência do problema de árvores de palpadores com palpadores diferentes e desorganizadas (Ponto 3) será solucionado criando um padrão estruturado de acordo com os tipos e dimensões dos palpadores. Isto permitirá que CMM's possuam árvores com uma constituição igual ou muito idêntica. Na Tabela 4.4 encontra-se o padrão estabelecido, previamente à aquisição dos novos palpadores, para as primeiras cinco posições das árvores de palpadores das CMM's do laboratório.

Tabela 4.4 – Padrão implementado para os cinco palpadores

Número	Tipo	Diâmetro (mm)
Palpador 1	Cilíndrica	1,0
Palpador 2	Esférica	1,5
Palpador 3	Esférica	2,0
Palpador 4	Esférica	0,7
Palpador 5	Esférica	0,5

O padrão foi estabelecido para, de certa forma, organizar e uniformizar os tipos e diâmetros dos palpadores das árvores e ter uma noção do que era necessária adquirir.

Relativamente à criação e preparação de uma rede interna para as máquinas (Ponto 4), esta solução irá possibilitar a partilha de dados através de um servidor comum. Tal como se apresenta na Figura 4.14, as quatro CMM's fazem parte da mesma rede interna que tem ligação a um único servidor onde se encontram todos os dados referentes às máquinas.

Deste modo as CMM's deixam de funcionar de forma individual, passando a integrar a mesma rede e os colaboradores podem ter acesso em tempo real a qualquer programa que necessitem, mesmo que tenha sido criado ou editado numa das outras máquinas.

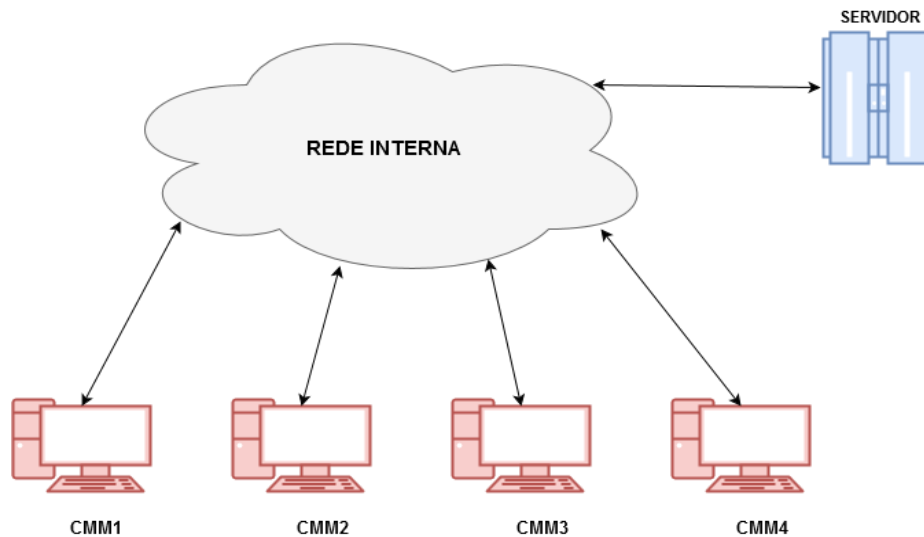


Figura 4.14 – Estrutura da rede interna do laboratório

O objetivo primordial da resolução destes problemas é permitir que os técnicos do laboratório mecânico de metrologia possam executar as suas tarefas em qualquer uma das CMM's, independentemente da máquina em que desenvolveu o programa de medição ou da que utilizou na última vez que esteve a trabalhar com determinado produto ou peça.

De modo a averiguar e confirmar a disparidade existente na ocupação de máquinas de medição por coordenadas, foi realizado um gráfico que mostra essa mesma ocupação durante um mês de trabalho (Figura 4.15). Foram consideradas todas as atividades realizadas durante esse mês nas CMM's e o respetivo tempo de medição associado à afetação do equipamento a um técnico. O mês escolhido para esta análise foi o mês de abril, numa altura em que o projeto se encontrava em fase de planeamento, antes de qualquer alteração do processo de medição.

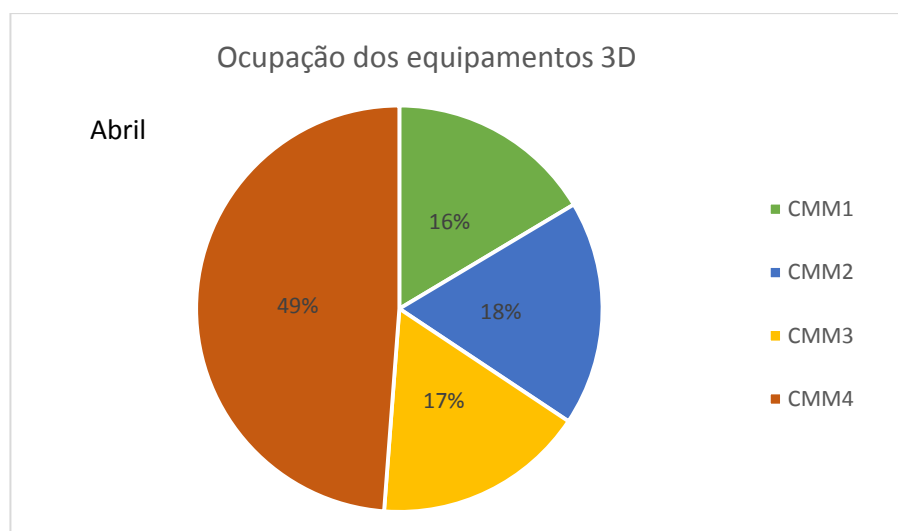


Figura 4.15 – Ocupação dos equipamentos 3D em Abril de 2017

No gráfico apresentado na Figura 4.15 é bem visível a diferença existente entre as quatro CMM's e comprova-se assim a necessidade da implementação de métodos de uniformização para o processo de medição nestes equipamentos tridimensionais.

Para avaliar a capacidade e estabilidade dos processos de medição quanto à sua repetibilidade e reprodutibilidade após a implementação dos métodos de uniformização, pretende-se efetuar um estudo Gage R&R do tipo 3 que exclui a influência do operador. Isto porque, devido a estudos Gage R&R do tipo 2 anteriormente realizados, verificou-se que a influência do operador no processo de medição era mínima. Desde então, o estudo que se tem vindo a realizar é do tipo 3, averiguando-se apenas a variabilidade do sistema de medição.

No laboratório já se encontram devidamente armazenadas e identificadas amostras de 25 blendas de um produto, que são utilizadas todos os anos para a realização destes estudos. As características a medir definidas na Instrução de Trabalho (IT) existente, que descreve o procedimento a seguir para a execução do estudo do tipo 3, são apresentadas na Figura 4.16.

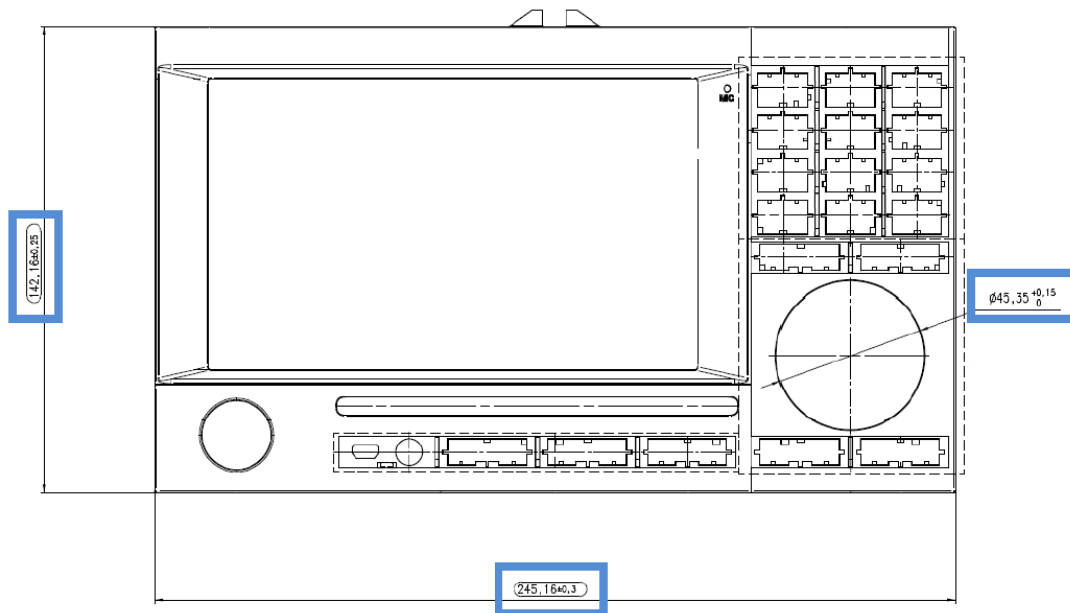


Figura 4.16 – Características medidas em estudos Gage R&R

Estas características assinaladas são dimensões medidas de uma peça e são definidas por valores nominais e tolerâncias (Tabela 4.5), utilizados para a avaliação dos dados no programa “Solara_P”, onde são gerados os relatórios finais.

Tabela 4.5 – Nominais e tolerâncias utilizadas nos estudos Gage R&R

Caraterística	Nominal	LST	LIT
Largura	245,160	+0,300	-0,300
Altura	142,160	+0,250	-0,250
Diâmetro	45,350	+0,150	0,000

Para informações mais detalhadas de como se deve proceder à realização de “Estudos de Repetibilidade & Reprodutibilidade” encontra-se a IT no Anexo IV, com todos os passos a seguir.

Segundo a diretiva central CDQ0402, os resultados obtidos para as máquinas de medição por coordenadas do laboratório, quanto ao Gage R&R do tipo 3 no ano de 2016, estão expostos da Tabela 4.6 à Tabela 4.8.

No Anexo V encontra-se o relatório da CMM1 que foi gerado pelo *software* Solara_P após a introdução dos dados das medições, podendo-se observar um gráfico de controlo, um gráfico de amplitudes e os seus respetivos índices, nomeadamente GRR, PV e ndc.

Tabela 4.6 – Resultados do Gage R&R em 2016 na CMM1




Caraterística	Gage R&R	ndc	Resultado
Largura	20,90%	5	
Altura	17,41%	5	
Diâmetro	24,05%	3	

Tabela 4.7 – Resultados do Gage R&R em 2016 na CMM2







Caraterística	Gage R&R	ndc	Resultado
Largura	6,00%	19	
Altura	9,25%	9	
Diâmetro	6,27%	15	

Tabela 4.8 – Resultados do Gage R&R em 2016 na CMM4

Caraterística	Gage R&R	ndc	Resultado
Largura	7,31%	16	
Altura	9,24%	10	
Diâmetro	9,99%	9	

O estudo não foi aplicado à CMM3 uma vez que este foi realizado em Julho de 2016 e a máquina apenas foi adquirida em Novembro de 2016. No presente ano efetuou-se o estudo a esta CMM pela primeira vez.

É importante referir que no caso da CMM1, segundo o manual [AIAG MSA] o resultado obtido para o ndc não deve ser inferior a 5 e, por isso mesmo, o estudo deveria ter sido repetido, o que não se verificou. Para além disso os resultados obtidos relativos ao Gage R&R mostram que o

processo de medição possui uma capacidade condicionada, ao contrário do que se verifica nas outras CMM's.

4.3 Do (Executar)

O plano foi, então, colocado em prática. Nesta etapa foram executados todos os objetivos definidos e implementadas as melhorias necessárias que foram surgindo com o decorrer do projeto.

Após a aprovação do desenho técnico da base fixa, foi solicitada a produção de três placas em alumínio a uma empresa externa especializada, de acordo com os requisitos expressos nos desenhos técnicos. Na seguinte Figura 4.17 encontra-se exposta a imagem de uma das bases quase finalizada.



Figura 4.17 – Nova base fixa quase finalizada

É importante referir que foram apenas solicitadas três placas visto que as dimensões reduzidas da CMM1 não possibilitavam a colocação de uma base de alumínio com as dimensões desejadas. Para além disso a furação da base de granito da mesma (Figura 4.18) já estava replicada nas novas bases fixas, tal como se pode verificar na Figura 4.19. Isto permite que qualquer montagem efetuada na CMM1 seja facilmente replicada nas novas bases fixas ou vice-versa, recorrendo a bases móveis mais pequenas como complemento.



Figura 4.18 – Furação da base de granito da CMM1

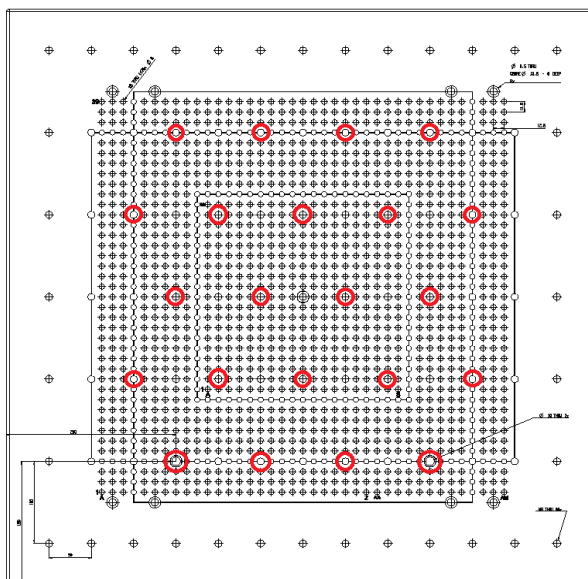


Figura 4.19 – Furação da nova base fixa

Após a aquisição das novas bases fixas, estas foram colocadas nas máquinas CMM2, CMM3 e CMM4, sendo que estas são as máquinas com maior área. Na Figura 4.20 é visível a CMM2, caracterizada pela existência das duas árvores de palpadores, com a nova placa de alumínio fixa à base de granito. Neste caso o equipamento já se encontra em funcionamento com uma base móvel a servir de apoio à montagem de suporte da peça ou produto.



Figura 4.20 – CMM2 após a colocação da nova base fixa

Na Figura 4.21 está exposta a imagem da CMM3 também com a nova placa de alumínio fixa à base de granito. Nesta situação o equipamento está livre, sem qualquer montagem de suporte colocada.



Figura 4.21 – CMM3 após a colocação da nova base fixa

Por fim, na Figura 4.22 apresenta-se a máquina CMM4 com a nova placa de alumínio servindo de base de fixação a uma montagem. Esta é uma montagem que, em vez da placa móvel ser colocada diretamente na nova base, é elevada recorrendo a três cilindros de apoio, como se pode observar na imagem.

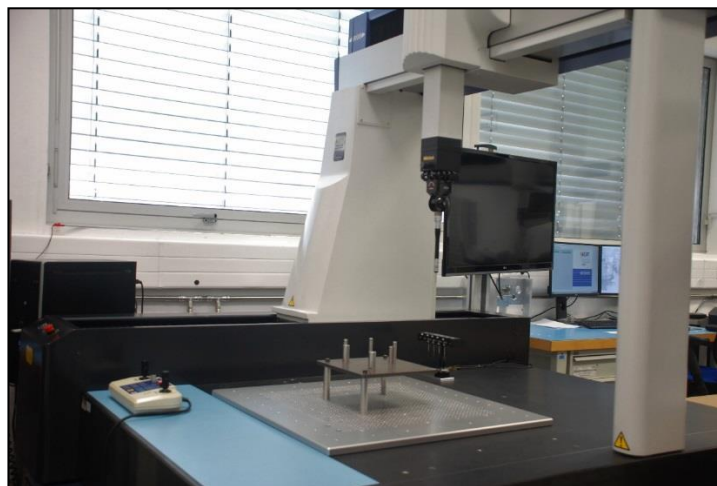


Figura 4.22 – CMM4 após a colocação da nova base fixa

Após a colocação das novas bases de alumínio, foi implementada a segunda solução para a resolução do problema das diferenças de volume entre máquinas. Para isso foi criado um novo sistema de coordenadas, nomeado “Sistema de Coordenadas 2000”, através da criação de um programa que define a origem deste mesmo sistema de eixos num ponto específico das novas bases. Este ponto de origem, que foi definido na nova base, encontra-se assinalado na Figura 4.23 e é também ponto comum à furação da base da CMM1.

Considerando esta origem num ponto comum a todas as CMM’s permite-se que todas elas funcionem com o mesmo sistema de coordenadas, desde que o mesmo seja introduzido em todos os programas já criados e programas a criar.

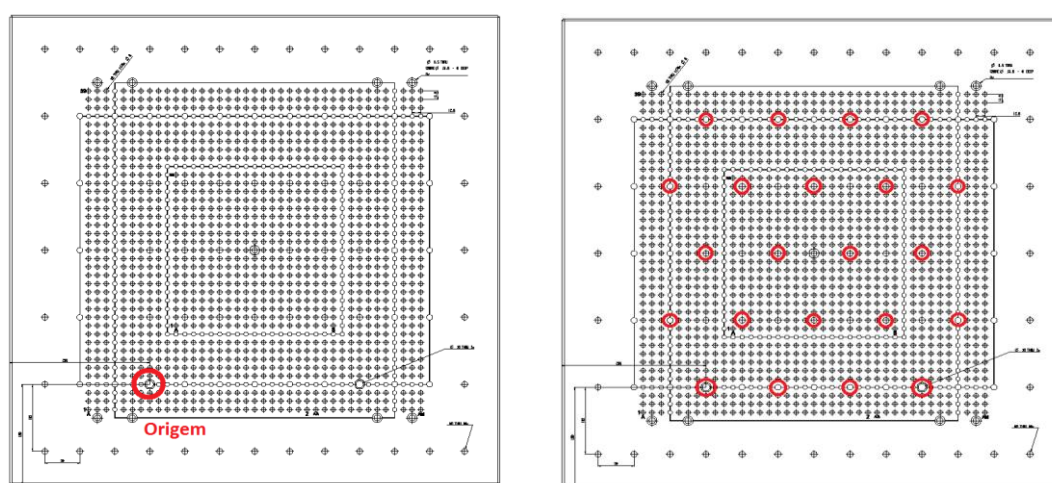


Figura 4.23 – Ponto de origem e furações da nova base fixa

O problema relativo às árvores de palpadores foi solucionado com a aquisição de novos palpadores que se adequassem ao padrão estruturado que foi criado.

Uma vez que a CMM1 é a única máquina de medições por coordenadas que não possui uma árvore de troca automática de palpadores, não foi implementada esta solução. Foram apenas identificadas numericamente os três palpadores existentes (Figura 4.24). Para além disso este é um equipamento antigo com diversas limitações em comparação às outras CMM’s e, por isso, não se justificam investimentos de elevado valor. É também um equipamento que se encontra em lista de espera para ser substituído por outro do mesmo tipo mas mais recente e de maiores dimensões.

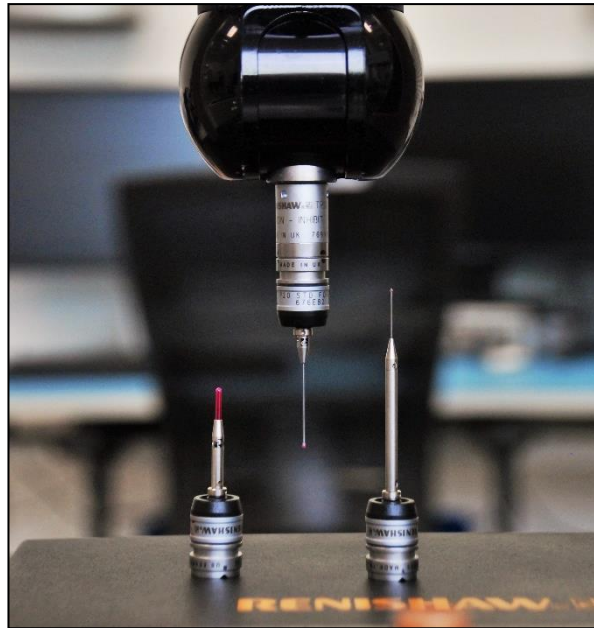
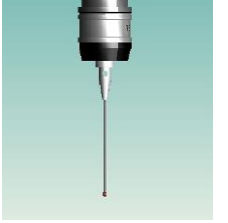




Figura 4.24 – Palpadores calibrados da CMM1

Os *settings* referentes aos palpadores da CMM1 estão expressos na Tabela 4.9 mais abaixo, onde é indicado o número de cada palpador e, respectivamente, o seu tipo, diâmetro e comprimento, bem como a sua ilustração.

Tabela 4.9 – Settings dos palpadores da CMM1

CMM1	Imagem
<p>Palpador 1</p> <p>Tipo Esférica</p> <p>Diâmetro (mm) 1,0</p>	
<p>Palpador 2</p> <p>Tipo Esférica</p> <p>Diâmetro (mm) 0,7</p>	
<p>Palpador 3</p> <p>Tipo Cilíndrica</p> <p>Diâmetro (mm) 1,5</p>	

Esta CMM, tal como foi mencionado anteriormente, é a única que não apresenta qualquer tipo de padronização quanto aos palpadores utilizados. É possível constatá-lo pela classificação do tipo de palpadores e os seus diâmetros, em comparação com o padrão já estabelecido.

A máquina CMM2 é caracterizada por duas árvores de palpadores, sendo que uma delas vai de encontro aos requisitos do padrão proposto (Figura 4.25) e a outra é destinada a um tipo especial de palpadores, os palpadores *scanner* (Figura 4.26).

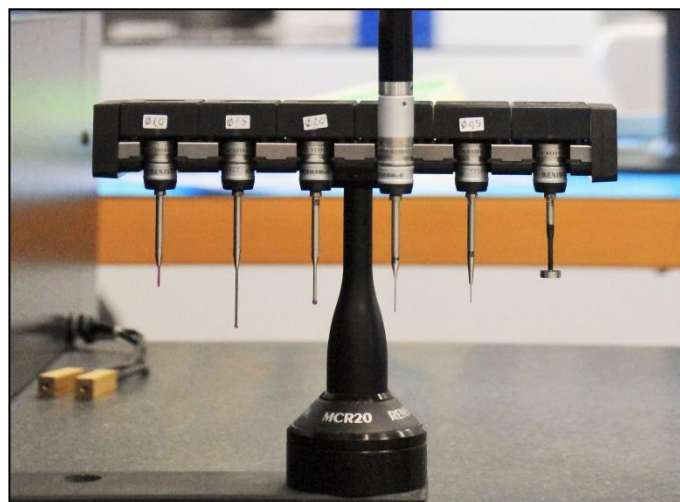


Figura 4.25 – Árvore de palpadores da CMM2

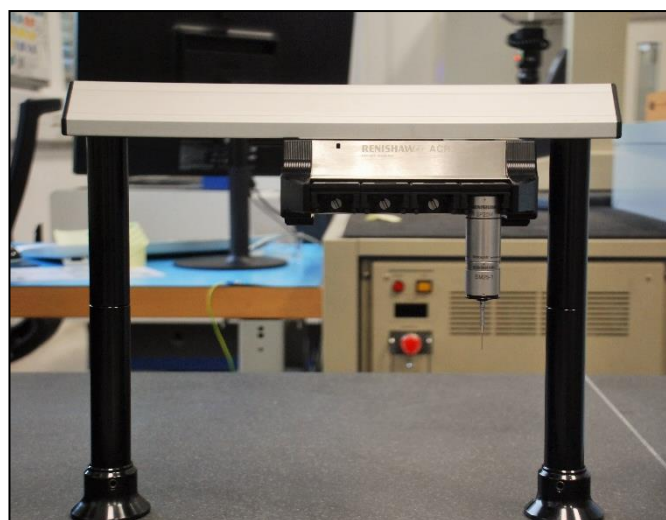


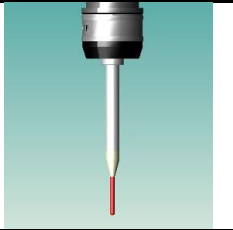




Figura 4.26 – Árvore de palpadores scanner da CMM2





Note-se que, de acordo com a imagem da Figura 4.26, apenas está colocada um palpador *scanner* na árvore. Isto deve-se ao facto da ferramenta de suporte do palpador, a SP25, ser muito dispendiosa e o laboratório só ter adquirido uma. No entanto, existem três palpadores *scanner*

calibrados com diâmetros distintos, o que significa que sempre que se pretenda utilizar a SP25 com outro palpador scanner é necessário proceder-se à substituição da mesma e posteriormente colocar o conjunto, tal como se pode verificar na imagem, na respetiva posição da árvore de palpadores.

Na Tabela 4.10 encontram-se definidos os tipos, os diâmetros, os comprimentos e são também apresentadas as ilustrações dos palpadores existentes nas duas árvores da CMM2. A primeira árvore está representada pelos primeiros seis palpadores e a segunda árvore pelos palpadores numerados de doze a catorze.

Tabela 4.10 – Settings dos palpadores da CMM2

CMM2	Imagem
<p>Palpador 1</p> <p>Tipo Cilíndrica</p> <p>Diâmetro (mm) 1,0</p>	
<p>Palpador 2</p> <p>Tipo Esférica</p> <p>Diâmetro (mm) 1,5</p>	
<p>Palpador 3</p> <p>Tipo Esférica</p> <p>Diâmetro (mm) 2,0</p>	
<p>Palpador 4</p> <p>Tipo Esférica</p> <p>Diâmetro (mm) 0,7</p>	
<p>Palpador 5</p> <p>Tipo Esférica</p> <p>Diâmetro (mm) 0,5</p>	

CMM2		Imagem
Palpador 6	Tipo Disco Diâmetro (mm) 8,0	
Palpador 12	Tipo Scanner Diâmetro (mm) 0,3	
Palpador 13	Tipo Scanner Diâmetro (mm) 0,5	
Palpador 14	Tipo Scanner Diâmetro (mm) 0,7	

De acordo com a tabela anterior, é possível identificar a existência de seis palpadores diferentes numa só árvore e que, de acordo com o padrão estabelecido para as árvores de palpadores, apenas são consideradas cinco. Isto deve-se ao facto do laboratório pretender diferenciar em todas as CMM's o palpador número seis para que, sempre que seja necessário realizar uma medição esporádica com um tipo específico de palpador, o laboratório já esteja prevenido para estas situações. No caso da CMM2 o palpador que foi considerado foi um do tipo disco com 8,0 milímetros de diâmetro, devido às necessidades de uma das unidades de negócio.

A máquina CMM3, segundo a Figura 4.27, possui apenas uma árvore de palpadores que também é composta por seis compartimentos diferentes para colocação de palpadores.

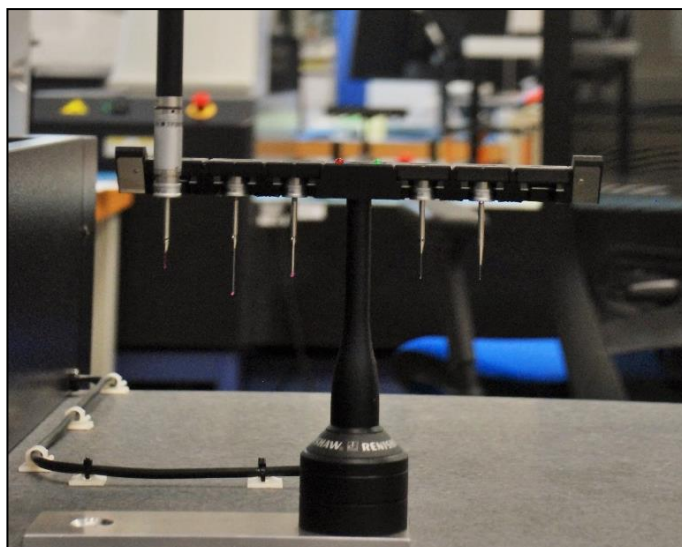
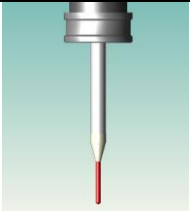

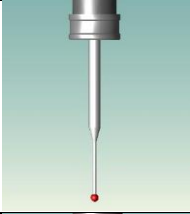


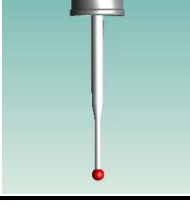


Figura 4.27 – Árvore de palpadores da CMM3

Encontram-se descritos na Tabela 4.11 as classificações de cada uma dos palpadores, bem como a respetiva tipologia, diâmetros, comprimentos e imagem associada.

Tabela 4.11 – Settings dos palpadores da CMM3

CMM3		Imagem
Palpador 1	Tipo Cilíndrica Diâmetro (mm) 1,0	
Palpador 2	Tipo Esférica Diâmetro (mm) 1,5	
Palpador 3	Tipo Esférica Diâmetro (mm) 2,0	
Palpador 4	Tipo Esférica Diâmetro (mm) 0,7	
Palpador 5	Tipo Esférica Diâmetro (mm) 0,5	
Palpador 6	Tipo Esférica Diâmetro (mm) 3,0	

Podemos afirmar, segundo os dados apresentados, que a árvore de palpadores desta máquina de medição por coordenadas se encontra estruturada de acordo com o padrão definido e que, tal como no caso da CMM2, também possui um compartimento para um palpador específico. No entanto, pretende-se que este palpador seja esférica e apresente um diâmetro de 3,0 milímetros. Assim que possível, será mais uma aquisição que o laboratório irá fazer.

Assim como na situação da CMM3, a CMM4 também só usufrui de uma árvore de palpadores como se pode averiguar pela imagem da Figura 4.28.

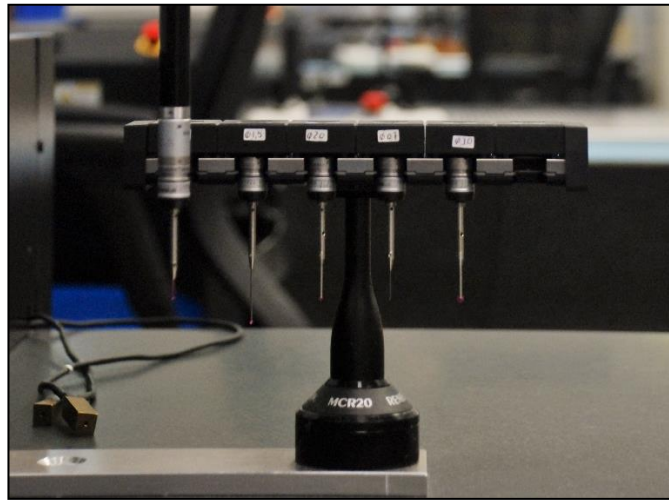

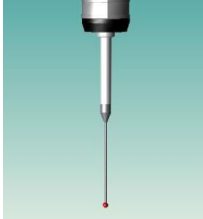


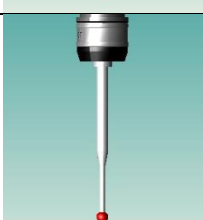


Figura 4.28 – Árvore de palpadores da CMM4

Analogamente aos exemplos anteriores, na Tabela 4.12 apresentam-se os *settings* das palpadores existentes na árvore da CMM4.

Tabela 4.12 – Settings dos palpadores da CMM4

CMM4		Imagem
Palpador 1	Tipo Cilíndrica Diâmetro (mm) 1,0	
Palpador 2	Tipo Esférica Diâmetro (mm) 1,5	
Palpador 3	Tipo Esférica Diâmetro (mm) 2,0	
Palpador 4	Tipo Esférica Diâmetro (mm) 0,7	
Palpador 5	Tipo Esférica Diâmetro (mm) 3,0	

Conforme a tabela mostrada, neste equipamento existem apenas cinco palpadores presentes na árvore de palpadores. Apesar de esta poder ser composta por seis, de momento só foram adquiridos cinco, dos quais somente os primeiros quatro estão conforme ao padrão estabelecido. No entanto, pretende-se que o palpador número cinco seja modificado para o palpador número seis, ficando deste modo idêntica à árvore de palpadores da CMM3. Para além disso também se pretende adquirir o palpador em falta, ou seja, o palpador número cinco do tipo e diâmetro definido pelo padrão criado.

Por fim, durante a etapa de finalização deste projeto, a rede interna para as quatro CMM's encontrava-se a ser implementada de acordo com o esquema anteriormente predefinido. Devido à demora deste tipo de procedimento, de todas as burocracias a tratar e equipamentos a adquirir, foram executados outros trabalhos que incidiram na preparação da rede interna.

Tendo em conta que a rede interna iria permitir definir uma base de dados comum a todas as máquinas, todos os programas de medição realizados teriam de ser transferidas para o servidor em comum. Daí surgiu a necessidade de se realizar uma limpeza em todos os computadores das CMM's para que fossem eliminados os programas obsoletos (Figura 4.29), programas sem qualquer tipo de identificação (Figura 4.30) e também os programas mais antigos que não tinham uma imagem associada à montagem da peça ou produto (Figura 4.31).

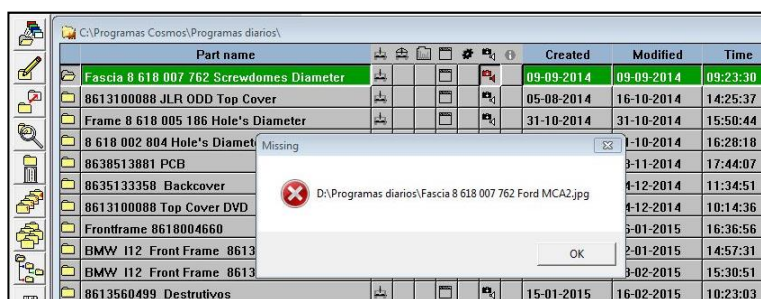


Figura 4.29 – Eliminação de programas obsoletos

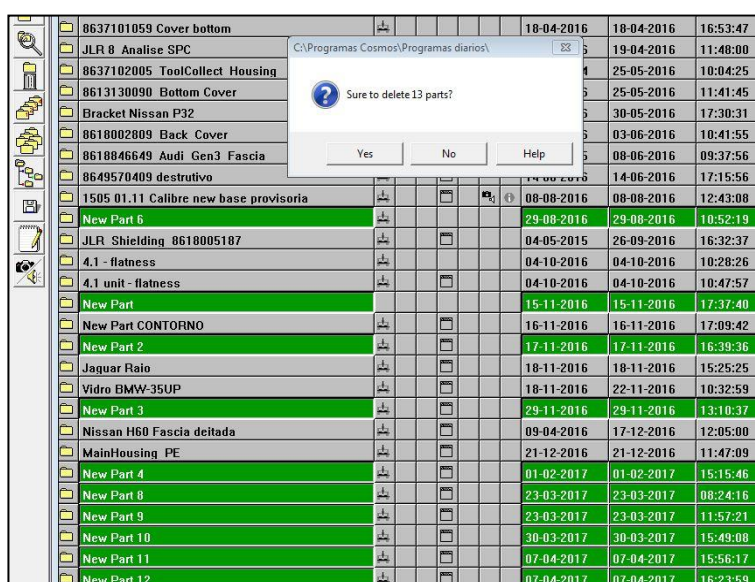


Figura 4.30 – Eliminação de programas sem identificação

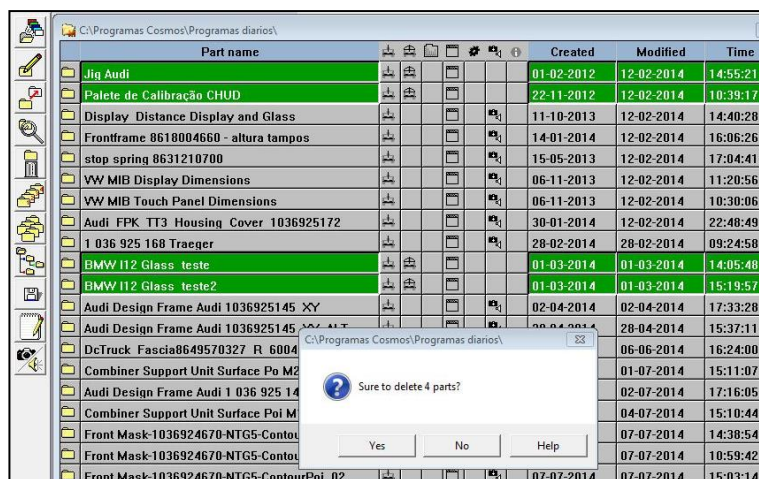


Figura 4.31 – Eliminação de programas sem imagem

Durante a limpeza realizada aos computadores das quatro CMM's detetaram-se algumas diferenças na disposição das janelas e das barras de ferramentas do programa MCOSMOS dentro da secção de criação/edição de programas. Como tal, foi proposto como melhoria a implementar em todas as CMM's a reorganização dessas janelas e barras de ferramentas de uma forma prática e coerente.

Na Figura 4.32 exibe-se a nova reorganização da secção de criação/edição de programas implementada nas quatro CMM's, de modo a uniformizar a parte relativa ao *software* utilizado no processo de medição.

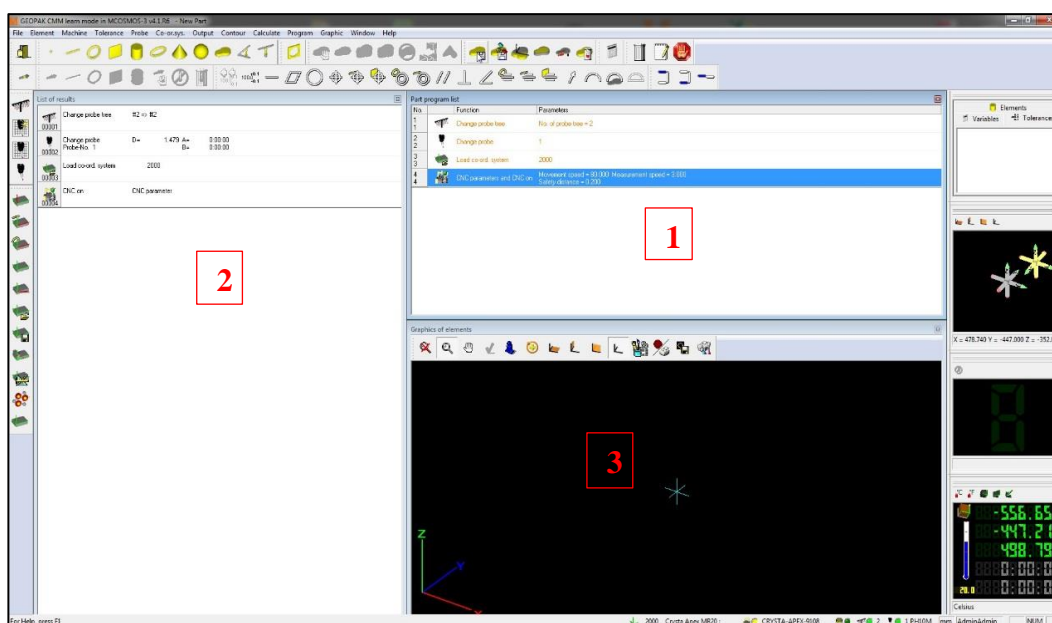


Figura 4.32 – Nova reorganização da secção de criação/edição de programas

Identificadas com os números 1, 2 e 3 estão as janelas associadas à lista de comandos do programa, à lista de resultados e imagem virtual dos elementos medidos, respetivamente. As barras de ferramentas foram colocadas conforme os seus níveis de utilização, ou seja, as barras de ferramentas com os comandos mais utilizados foram colocados na zona do canto superior esquerdo, em que o grau de importância ou utilização vai diminuindo da esquerda para a direita. Quanto às barras associadas aos palpadores e ao sistema de coordenadas da máquina, estas foram localizadas verticalmente na lateral da janela da lista de resultados, de modo a ficarem evidenciados. Os ícones utilizados esporadicamente foram eliminados das barras de ferramentas para não ficarem sobrecarregadas e ao mesmo tempo facilitar a localização dos restantes ícones.

4.4 Check (Verificar)

Esta é uma fase de verificação e monitorização de todas as alterações implementadas ao longo do processo de medição, realizadas de acordo com os objetivos estabelecidos. Por isso mesmo, foi realizada a análise da disparidade existente na ocupação das máquinas de medição por coordenadas após a conclusão das alterações pretendidas.

Uma vez que a fase da implementação da rede interna não foi concluída antes do término deste projeto, procedeu-se à construção de um gráfico que mostra a ocupação das CMM's no mês de julho (Figura 4.33). A escolha deste mês deve-se ao facto de já terem ocorrido grande parte das alterações principais do processo de medição à exceção da criação e preparação de uma rede interna comum. Estas alterações dizem respeito à colocação de bases fixas iguais em todas as CMM's, à definição de uma origem comum a todas elas, aquisição de palpadores e organização das árvores de palpadores segundo um padrão estruturado.

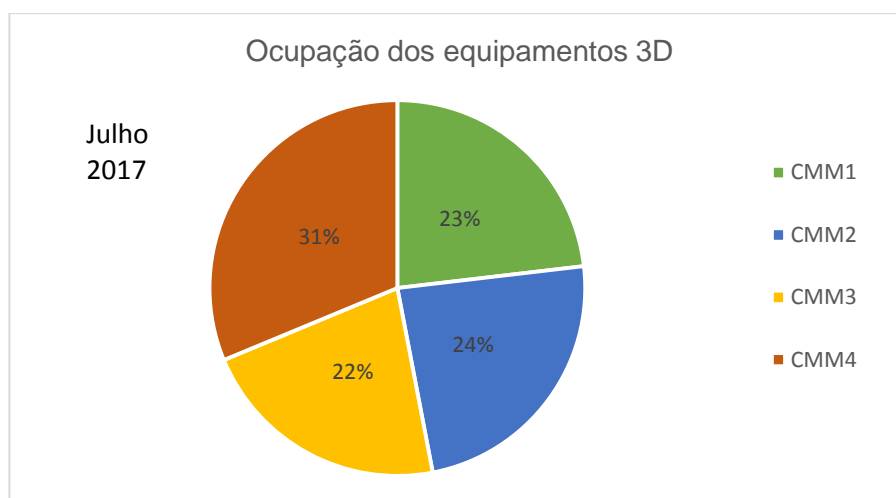


Figura 4.33 – Ocupação dos equipamentos 3D em Julho de 2017

Tal como se pode verificar no gráfico anterior (Figura 4.33), após a implementação de alguns dos métodos de uniformização no processo de medição em CMM's, é notável uma grande melhoria na distribuição da ocupação das mesmas, principalmente no caso da CMM4. A ocupação relativa desta máquina sofreu uma diminuição em cerca de 20%, distribuindo esta percentagem da sua carga de medições nas restantes CMM's. Verifica-se assim uma aproximação a uma ocupação e gestão equilibradas destes equipamentos tridimensionais.

Similarmente à análise da ocupação dos equipamentos 3D, o estudo Gage R&R do tipo 3 também foi efetuado antes do término da implementação da rede interna.

Em comparação com os estudos realizados nos anos anteriores, este sofreu uma ligeira alteração no número de características a serem avaliadas e na nomenclatura das mesmas para um melhor entendimento. Para além das três características já estudadas, foi adicionada uma nova característica na direção do eixo Z para que a repetibilidade e reprodutibilidade fosse estudada em todos os eixos da máquina de medição por coordenadas. Isto deve-se ao facto de duas das dimensões anteriores serem medidas nas direções dos eixos X e Y e a outra ser apenas um diâmetro calculado pelo equipamento e não oferecer qualquer tipo de informação relativamente ao eixo Z.

Na seguinte Figura 4.34 apresentam-se as três características já consideradas nos estudos Gage R&R anteriores, assim como os seus respetivos eixos, e a nova dimensão associada ao eixo Z a ser considerada nos novos estudos.

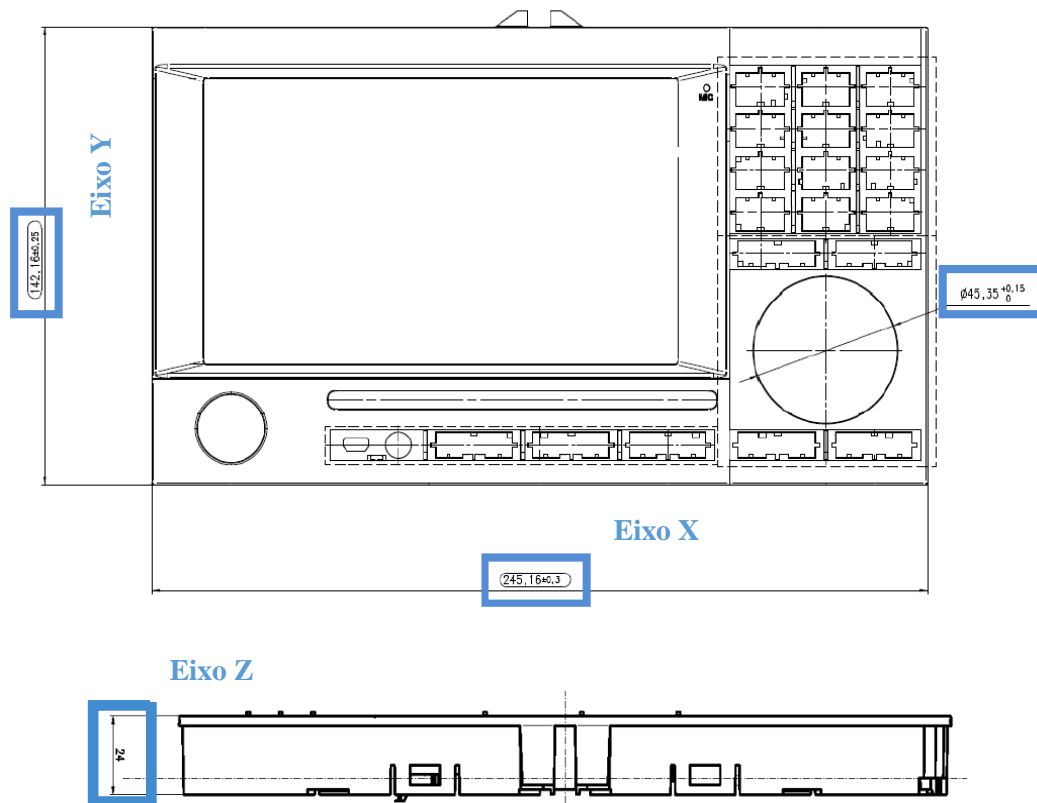


Figura 4.34 – Dimensões a medir nos novos estudos Gage R&R

Uma vez seleccionadas as características a verificar nos novos estudos do Gage R&R, procedeu-se à alteração das terminologias das mesmas de acordo com o que se pode observar na Tabela 4.13, onde estão expostas as mesmas associadas aos respetivos valores nominais e tolerâncias.

Tabela 4.13 - Nominais e tolerâncias utilizadas nos novos estudos Gage R&R

Caraterística	Nominal	LST	LIT
Comprimento	245,160	+0,300	-0,300
Largura	142,160	+0,250	-0,250
Diâmetro	45,350	+0,150	0,000
Altura	24,000	+0,170	-0,170

Posteriormente à definição das alterações desejadas, deu-se início à fase de execução do estudo de acordo com a IT já mencionada anteriormente e presente no Anexo IV. Em primeiro lugar foi colocado o *jig* da blenda do produto em questão na base de uma CMM (Figura 4.35) e

efetuou-se um pré alinhamento. Este pré alinhamento serve para minimizar o erro introduzido pela máquina nas medições da peça.



Figura 4.35 – Colocação do jig da blenda na CMM

Em segundo lugar montaram-se os restantes acessórios necessários, para a fixação da peça, nas devidas posições e prosseguiu-se à confinação da mesma no *jig* segundo a imagem que se encontrava associada ao programa de medição e a partir daí foram realizadas as medições de todas as características (Figura 4.36).

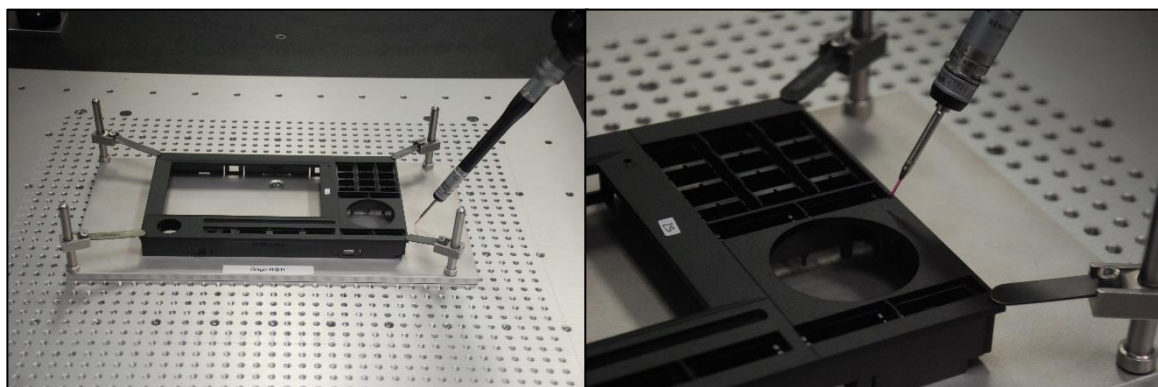


Figura 4.36 – Execução das medições das características selecionadas

O processo foi repetido para todas as 25 amostras e reiniciado até completar registos de 50 amostras no seu total, ou seja, dois registos diferentes para cada uma das amostras. Este procedimento foi implementado em todas as CMM's do laboratório mecânico de metrologia e foram obtidos os seguintes resultados finais, apresentados da Tabela 4.14 à Tabela 4.17.

Tabela 4.14 – Resultados do novo Gage R&R na CMM1





Caraterística	Gage R&R	ndc	Resultado
Comprimento	6,93%	17	
Largura	10,46%	9	
Diâmetro	4,90%	19	
Altura	2,93%	25	

Tabela 4.15 – Resultados do novo Gage R&R na CMM2





Caraterística	Gage R&R	ndc	Resultado
Comprimento	6,26%	19	
Largura	13,47%	7	
Diâmetro	17,18%	4	
Altura	67,71%	1	

Tabela 4.16 – Resultados do novo Gage R&R na CMM3









Caraterística	Gage R&R	ndc	Resultado
Comprimento	6,04%	20	
Largura	12,24%	7	
Diâmetro	9,35%	10	
Altura	7,35%	10	

Tabela 4.17 – Resultados do novo Gage R&R na CMM4

Caraterística	Gage R&R	ndc	Resultado
Comprimento	4,91%	25	
Largura	12,35%	8	
Diâmetro	7,07%	12	
Altura	12,08%	6	

Segundo os resultados obtidos é possível afirmar que o estudo Gage R&R terá de ser repetido na CMM2, uma vez que o valor do ndc para as duas últimas características foi inferior a 5 e, por isso mesmo, o estudo reprovou. Para além disso os valores do Gage R&R foram elevados, principalmente na situação da última característica, que se encontra acima do valor permitido. Pode-se afirmar que o processo de medição na CMM2 não tem capacidade.

As restantes CMM's, apesar de terem apresentado valores aceitáveis tanto para o Gage R&R como para o ndc, em algumas das características medidas o processo de medição mostra-se condicionado.

4.5 Act (Atuar)

Nesta última fase de execução de ações corretivas e consolidação do processo de medição através da standardização do mesmo, foram corrigidas as não conformidades detetadas ao longo das fases anteriores, criadas instruções de trabalho para os procedimentos implementados, definidos padrões de estruturação e apresentados os resultados expectáveis após a conclusão do projeto.

Sendo esta uma fase de execução de ações corretivas, procedeu-se a uma análise do processo de medição do Gage R&R para se apurarem as causas de ter reprovado na fase anterior.

Após uma discussão com os técnicos do laboratório, foram verificadas não conformidades associadas ao método de confinação da peça e à instrução de trabalho por falta de informação mais detalhada acerca do procedimento, concluindo-se que existia a influência do operador no processo de medição. Deste modo, foi criado um método ordenado para a confinação da peça, a ser repetido rigorosamente em todas as medições, para que esta variável fosse excluída do processo. Na Figura 4.37 apresenta-se o *jig* da peça em questão com a indicação de como se deve proceder durante a confinação da mesma.

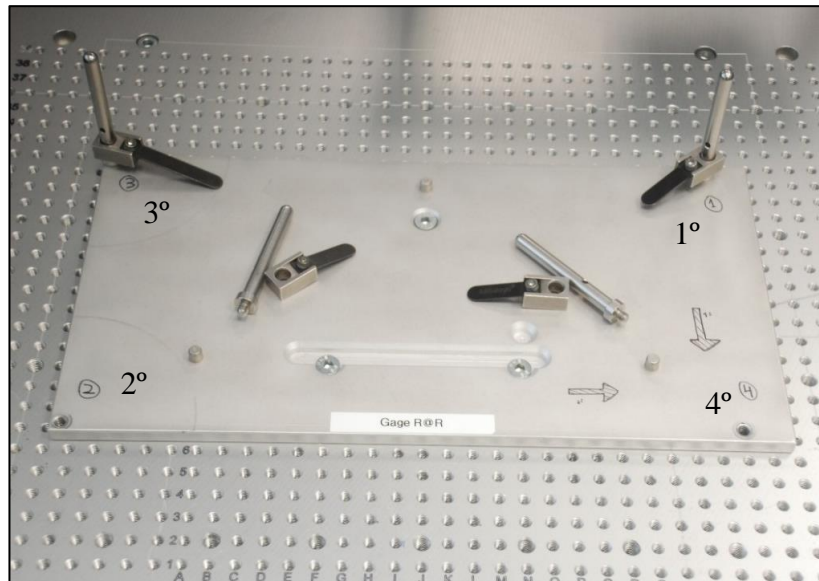


Figura 4.37 – Método criado para a confinação das peças do Gage R&R

Segundo as indicações, a peça deve ser posicionada de acordo com o formato do jig, encostada à frente onde existe uma maior área de apoio e posteriormente à direita, tornando o posicionamento dela mais estável e minimizando assim erros associados à confinação da peça. Como este processo utiliza clampos devido à força exercida pelo palpador na peça podendo deslocá-la ligeiramente, foi definida uma ordem de clampagem para que os erros derivados fossem sempre introduzidos da mesma forma e também minimizados.

Um outro aspecto não evidenciado na IT e que poderia levar à má colocação do *jig* e introdução de mais variáveis é o aparafusamento do mesmo. Podemos observar pela Figura 4.38 que as dimensões dos parafusos não são iguais, isto é, um deles apresenta uma maior altura que os outros dois e, por isso mesmo, as posições corretas devem ser as indicadas na imagem. Esta falha levou alguns técnicos a cometerem o erro de trocarem os parafusos de local e a provocar um maior empeno na peça, aumentando as variáveis de erro em causa.



Figura 4.38 – Posições corretas de aparafusamento do jig do Gage R&R

Corrigidos estes aspetos relacionados com o processo de confinação da peça no jig, procedeu-se a uma nova realização do Gage R&R em todas as CMM's. Deste modo os resultados obtidos iriam derivar da aplicação do novo método de confinação da blenda e seria possível verificar a existência de diferenças entre os novos resultados e os resultados da fase anterior. Da Tabela 4.18 à Tabela 4.21 apresentam-se os novos resultados para o Gage R&R do tipo 3 após as alterações efetuadas no processo de montagem.

Tabela 4.18 – Resultados após correções do Gage R&R na CMM1

Caraterística	Gage R&R	ndc	Resultado
Comprimento	5,17%	23	😊
Largura	5,47%	17	😊
Diâmetro	6,74%	14	😊
Altura	2,03%	38	😊

Tabela 4.19 – Resultados após correções do Gage R&R na CMM2





Caraterística	Gage R&R	ndc	Resultado
Comprimento	7,43%	16	
Largura	8,71%	10	
Diâmetro	5,82%	16	
Altura	2,80%	26	

Tabela 4.20 – Resultados após correções do Gage R&R na CMM3









Caraterística	Gage R&R	ndc	Resultado
Comprimento	2,92%	41	
Largura	5,06%	19	
Diâmetro	5,40%	17	
Altura	2,31%	33	

Tabela 4.21 – Resultados após correções do Gage R&R na CMM4

Caraterística	Gage R&R	ndc	Resultado
Comprimento	3,85%	31	
Largura	5,32%	17	
Diâmetro	4,45%	22	
Altura	2,73%	28	

O Gage R&R do tipo 3 foi aprovado em todas as CMM's após as alterações realizadas. Confirma-se que a IT existente não provia todas as informações necessárias para a realização do estudo e que, por isso, eram introduzidas várias variáveis que aumentavam a influência do operador no processo. Portanto, ficou decidido que seria benéfico para o estudo e para o laboratório a redação de uma nova versão da IT que contemplasse todas estas ações corretivas tomadas nesta fase.

Assim, no Anexo VI pode-se encontrar a nova IT para os estudos do Gage R&R com toda a informação relativa ao aparafusamento do *jig*, bem como o processo de confinação da amostra no mesmo.

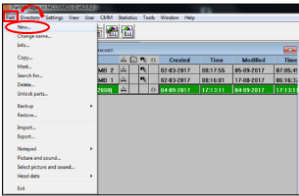
As outras instruções de trabalho que foram criadas dizem respeito à solução implementada que consiste na definição de uma origem comum para todas as CMM's. Uma vez colocadas as bases de alumínio iguais nas CMM's e criada uma origem comum a todas elas, decidiu-se proceder à redação de uma IT que definisse, passo a passo, as etapas de construção de um novo sistema de coordenadas para estes equipamentos tridimensionais (Figura 4.39). Deste modo, sempre que for necessário criar um programa para definir essa mesma origem basta seguir a IT que se encontra no Anexo VII.

Instrução de Trabalho

Criação do Sistema de Coordenadas 2000

Esta Instrução de Trabalho (IT) descreve o procedimento a seguir para a criação do novo sistema de coordenadas 2000 a ser implementado nas máquinas CMM (*Coordinate Measuring Machine*) com as novas bases.

► **1º PASSO:** No software *MCosmos*, criar novo programa (“*Part*” → “*New*”);



The screenshot shows the MCosmos software interface. A red circle highlights the 'Part' menu item. Below the menu, a table displays data for various parts. The table has columns for 'Part', 'Created', 'Time', and 'Modified'. The 'Part' column contains 'MB 2', 'MB 3', and 'MB 4'. The 'Created' column contains '01.02.2017', '01.02.2017', and '01.02.2017'. The 'Time' column contains '08:17:05', '08:19:21', and '08:19:21'. The 'Modified' column contains '07.09.16', '08.09.16', and '08.09.16'.

2 | BIPERIO-LEI Sistema Técnico | 15.09.2017
© Robert Bosch GmbH 2017. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Softwareverletzungen.




Figura 4.39 – IT para a criação do novo sistema de coordenadas

Com a definição de um novo sistema de coordenadas nas CMM's, todos os programas já criados deixaram de funcionar, pelo facto do valor das coordenadas utilizadas não coincidirem com o novo sistema de eixos. Assim, surgiu a necessidade de ajustar todos os programas para o novo “Sistema de Coordenadas 2000” que tinha sido criado.

Sendo este ajuste um bocado complexo e realizado passo a passo, foi também redigida uma IT para ser utilizada como auxílio nessas situações (Figura 4.40). No Anexo VIII encontra-se a IT referente ao ajuste de programas para o novo “Sistema de Coordenadas 2000”.



Figura 4.40 – IT para o ajuste de programas com o novo sistema de coordenadas

Relativamente à árvore de palpadores, foi definido um padrão genérico de estruturação a implementar em todas as CMM's, tal como se pode observar na Tabela 4.22. Este padrão contempla ambas as árvores de palpadores, tanto a árvore comum a todas elas com um total de seis posições diferentes como a árvore de palpadores do tipo *scanner* associados às posições 12 a 14, os respetivos tipos e diâmetros.

Tabela 4.22 – Padrão genérico para todas as árvores de palpadores

Número	Tipo	Diâmetro (mm)
Palpador 1	Cilíndrica	1,0
Palpador 2	Esférica	1,5
Palpador 3	Esférica	2,0
Palpador 4	Esférica	0,7
Palpador 5	Esférica	0,5
Palpador 6	Opcional	Opcional
Palpador 12	Scanner	0,3
Palpador 13	Scanner	0,5
Palpador 14	Scanner	0,7

Conclui-se portanto que o palpador 6 é o único sem tipo e diâmetro atribuídos, sendo ele opcional e o único caso em que o palpador pode variar de máquina para máquina.

Os resultados expectáveis após a conclusão do projeto, quanto à disparidade existente entre máquinas de medição por coordenadas, apresentam-se na seguinte Figura 4.41. Neste gráfico é apenas considerado um mês de trabalho, tal como nas fases anteriores do projeto.

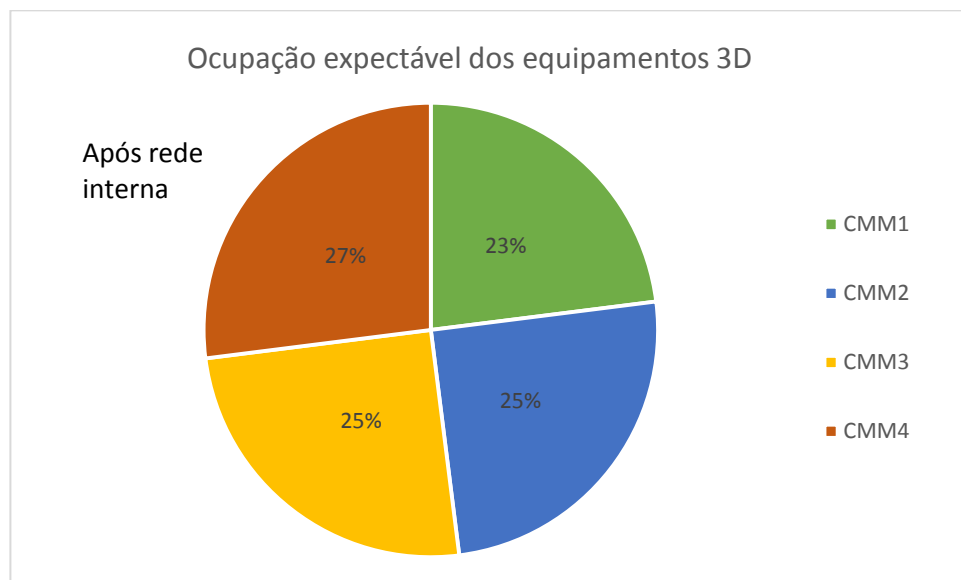


Figura 4.41 – Ocupação expectável após implementação da rede interna

O expectável é ter todas as CMM's com igual taxa de ocupação ou mais ou menos equilibrada, evitando tempos mortos de utilização ou sobrecarga na ocupação de determinada máquina tridimensional. A implementação da rede interna veio facilitar o acesso a programas criados em diferentes máquinas em qualquer um dos computadores, permitindo uma melhor gestão da ocupação e com maior eficiência.

No entanto, é de esperar novamente um valor de ocupação ligeiramente mais baixo na CMM1 devido às limitações de volume que possui. Pressupõe-se que a CMM2 e CMM3 apresentem uma ocupação semelhante e equilibrada, o que não acontece com a CMM4 que continuará a ter um valor de ocupação ligeiramente superior às restantes, uma vez que esta CMM é utilizada fora do horário normal de trabalho para dar suporte à realização de medições para estudos SPC. É importante mencionar que apesar da CMM4 ter uma ocupação ligeiramente superior, é expectável que diminua após a implementação da rede interna em relação aos meses anteriores.

Capítulo 5

CONCLUSÕES

5. CONCLUSÕES

No presente trabalho procedeu-se à criação e implementação de métodos de uniformização para o processo de medição em máquinas de medição por coordenadas, tanto a nível de hardware como a nível de software.

A colocação de bases fixas iguais e a criação de uma origem comum a todas as CMM's possibilitou uma maior flexibilidade de permuta de máquina, na perspetiva em que todas elas possuem o mesmo sistema de coordenadas localizado na nova base, apesar do volume útil de medição diferir. Também a padronização das árvores de palpadores facilitou o processo de medição e aumentou a sua eficiência na medida em que foram suprimidas as diferenças nos resultados de medição, obtidas pela utilização de palpadores distintos que podiam não ser os mais adequados ao tipo de medição a efetuar. Já a implementação de uma rede interna tem como objetivo minimizar os tempos de preparação durante o processo de medição possibilitando o acesso aos programas realizados em qualquer uma das CMM's.

De acordo com a análise da ocupação dos equipamentos 3D efetuada em diferentes fases de desenvolvimento do projeto, conclui-se que após a implementação de alguns dos métodos de uniformização no processo de medição em CMM's houve uma significativa melhoria na distribuição da ocupação das máquinas para uma ocupação mais equilibrada e homogénea.

Relativamente aos estudos Gage R&R efetuados para avaliar a capacidade e estabilidade (repetibilidade e reprodutibilidade) do processo de medição, verificou-se que este tem capacidade e apresenta pouca variabilidade. Em algumas das CMM's, após a implementação dos métodos de uniformização, a variabilidade do processo de medição diminuiu, constatando-se pelos valores de %GRR inferiores.

Em suma, as alterações com vista a normalização e uniformização de processos implementadas tiveram um impacto significativo na melhoria da gestão ocupacional dos equipamentos tridimensionais devido à redução dos tempos de medição, bem como na eficiência do processo de medição diminuindo a sua variabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

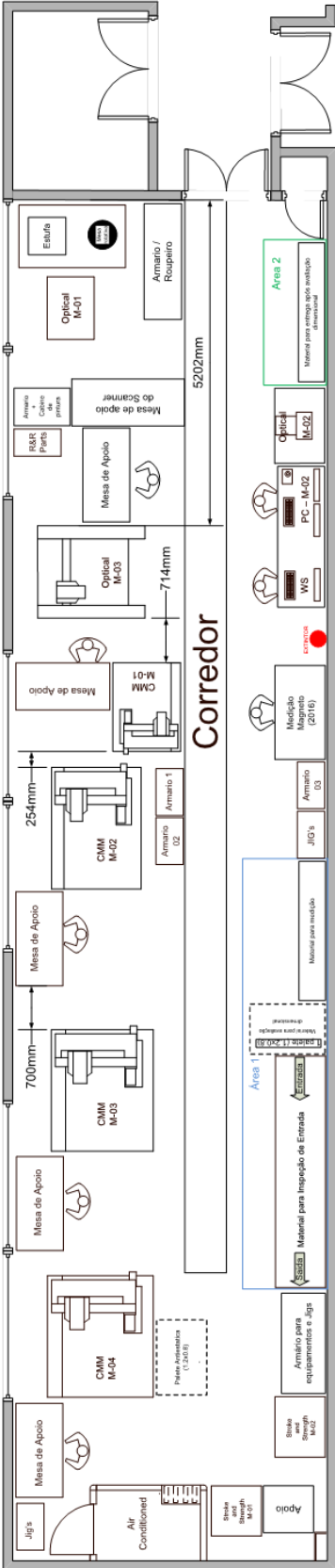
- Abreu, L. F. (2013). *Normalização dos processos de definição da embalagem de fornecedor e cliente*. Portugal: Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- Almacinha, J. A. (2016). *Introdução à Metrologia Dimensional*. Portugal: Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto.
- Barçante, P. C. (1998). *Qualidade Total, uma nova visão brasileira: o impacto estratégico na universidade e na empresa*. Rio de Janeiro, Brasil: Editora Campus.
- Barradas, J., & Sampaio, P. (2011). *ISO 9001 or ISO 17025: What is more important for the metrology laboratory*. Braga, Portugal: Universidade do Minho.
- Bosch. (2012). *Central Directive Quality: CDQ0402, Inspection Planning, Capability and Process Control*. Bosch.
- Bosch Car Multimedia Portugal. (2010). *Manual de Acolhimento e Integração*. Braga: HRL (Departamento de Recursos Humanos).
- Bosch Car Multimedia Portugal. (2015). *Bem-vindo à nossa equipa*. Braga: BrgP/COM.
- Bosch GmbH, R. (2010). Booklet 10 - Capability of Measurement and Test Processes. Em *Quality Management in the Bosch Group Technical Statistics*.
- Bosch, R. (1861-1942). *Princípios do CIP (Continuous Improvement Process)*. Obtido de Robert Bosch France: www.bosch.fr
- Broh, R. A. (1982). *Managing Quality for Higher Profits: A Guide for Business Executive and Quality Managers*. McGraw Hill Higher Education.
- Brown, L., & Blunt, L. (2008). *Surface Metrology for the Automotive Industry*. Huddersfield: University of Huddersfield Repository.
- Burdick, R., Borror, C., & Montgomery, D. (2005). *Design and Analysis of Gauge R&R Studies: Making Decisions with Confidence Intervals in Random and Mixed ANOVA Models*. Philadelphia, PA: SIAM.
- Cavaco, M. M. (2002). *METROLOGIA PARTE II*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- Coimbra, E. (2009). *Total Management Flow: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Kaizen Institute.
- Costa, S., & Cicco, F. (2007). *Abordagem de Processo: conceitos e diretrizes para sua implementação*. QSP - Centro da Qualidade, Segurança e Produtividade.

- Crosby, P. B. (1979). *Quality is Free - The Art of Making Quality Certain*. McGraw-Hill Book Company.
- Duret, D., & Pillet, M. (2009). *Qualidade na Produção - da ISO 9000 aos Seis Sigma*. Lisboa - Porto: Lidel - Edições Técnicas.
- Edwards, C. D. (1968). *The Meaning of Quality*. Quality Progress.
- Fernandes, A. C., Truong, H., Sampaio, P., & Carvalho, M. d. (2014). Literature review of QM and SCM: a perspective of integration. *Proceedings of the 1st International Conference on Quality Engineering and Management*. Braga, Portugal: Systems and Production Department, Minho University.
- Ferreira, L. L. (2014). *Normalização da manutenção preventiva numa empresa de mobiliário*. Portugal: Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- Gilmore, H. L. (1974). *Product Conformance Cost*. Quality Progress.
- Gonçalves, A. F. (2006). *Total Flow Management na Indústria no Instituto Kaizen*. Porto: Universidade do Porto.
- International Organization for Standardization. (2015). *Quality management systems - Fundamentals and vocabulary (ISO 9000:2015)*. Brussels: CEN - Comité Européen de Normalisation.
- International Organization for Standardization. (2015). *Quality management systems - Requirements (ISO 9001:2015)*. Brussels: CEN - Comité Européen de Normalisation.
- Jamieson, A. (1982). *Introduction to Quality Control*. Virginia: Reston Publishing Company.
- Juran, J. M. (1974). *Quality Control Handbook*. McGraw-Hill International Editions.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's Quality Handbook*. United States of America: The McGraw-Hill Companies.
- Juran, J. M., & Gryna, F. M. (1970). *Quality Planning and Analysis - From Product Development through Use*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company.
- Kumar, R., Garg, D., & Garg, T. K. (2011). TQM success factors in North Indian manufacturing and service industries. *The TQM Journal*, 23 (1), 36-46.
- Leifler, K. B. (1982). *Ambiguous Changes in Product Quality*. American Economic Review.
- Longo, R. J. (1996). *Gestão da Qualidade: Evolução Histórica, Conceitos Básicos e Aplicação na Educação*. Brasília, Brasil: Instituto de Pesquisa Económica Aplicada.
- Lopes, J. C. (2014). *Gestão da Qualidade: Decisão ou Constrangimento Estratégico*. Lisboa, Portugal: Dissertação de Mestrado, Universidade Europeia.

- Manolopoulou, A. (2017). *British Museum - The Industrial Revolution and the changing face of Britain*. Obtido de [Britishmuseum.org](http://www.britishmuseum.org): http://www.britishmuseum.org/research/publications/online_research_catalogues/paper_money/paper_money_of_england__wales/the_industrial_revolution.aspx
- Marques, J. P. (2015). *Utilização de Ferramentas da Qualidade num Sistema Operacional numa Empresa*. Portugal: Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- Martins, R. A., & Costa, P. L. (1998). *Indicadores de Desempenho para a Gestão pela Qualidade Total: Uma proposta de Sistematização*.
- Münstermann, B., Eckhardt, A., & Weitzel, T. (2010). The performance impact of business process standardization: An empirical evaluation of the recruitment process. *Business Process Management Journal*, 16(1), 29-56.
- Nasim, K., Iqbal, M. Z., & Khan, I. A. (2013). Antecedents of TQM implementation capability: a review with a conceptual model. *Total Quality Management & Business Excellence*, s/n, 1-11.
- Oliveira, J. (2006). *Capabilidade do processo de inspeção*.
- Pacheco, M. S. (2012). *O uso das ferramentas da qualidade nas organizações portuguesas*. Portugal: Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- Pandiripalli, B. (2010). *Repeatability and Reproducibility Studies: a Comparison of Techniques*. Wichita State University.
- Peixoto, P. N. (2015). *Preparação inicial da empresa DieselSys para o processo de implementação e certificação do Sistema de Gestão da Qualidade, de acordo com a Norma NP EN ISO 9001 2008*. Portugal: Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- Pereira. (2013a). *Implementação de um Programa de Melhoria da Qualidade num processo produtivo de peças de injeção*. Portugal: Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- Pereira. (2013b). *Melhoria dos Processos de Expedição - Operações de Armazém e Processos de Faturação*. Portugal: Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- Pires, A. R. (2007). *Qualidade - Sistemas de Gestão da Qualidade*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Pirsig, R. M. (1974). *Zen and The Art of Motorcycle Maintenance - An Inquiry Into Values*. William Morrow & Co.
- Prieto, Y. O. (2008). *Good Laboratory Practices and the ISO 9001:2000 standards* (Vol. 25). Biotecnologia Aplicada.
-

- Ren, Q. (2015). *The Application of Gage R&R analysis in a Six Sigma Case of Improving and Optimizing an Automotive Die Casting Product's Measurement System*. Western Kentucky University.
- Rodrigues, L. L. (2012). *Contribuição para a Medição Automática por Suporte de Informação Neutra e Normalizada*. Portugal: Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- Silva. (2015). *Contribuição para Equipamento Didático de Máquina de Medição por Coordenadas*. Portugal: Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- Silva, M. Â. (2009). *Desenvolvimento e implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade*. Aveiro, Portugal: Universidade de Aveiro.
- Sousa. (2015). *A Metrologia no Controlo de Qualidade de Equipamentos de Radiodiagnóstico*. Portugal: Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa.
- Sousa, R. O. (2007). *Qualidade na Administração Pública: O impacto da Certificação ISO 9001:2000 na Satisfação dos Municípios*. Portugal: Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- Teixeira, H. N. (2011). *Uma metodologia de diagnóstico de problemas de qualidade em pequenas e médias empresas*. Braga: Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- Trivellato, A. A. (2010). *Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua: Estudo de caso numa empresa de autopeças*. São Carlos: Universidade de São Paulo.
- Vicente, M. F. (1997). *Estimação dos Erros de uma Máquina Estacionária de Medição de Coordenadas*. Coimbra: Universidade de Coimbra.

ANEXO I – LAYOUT DO LABORATÓRIO



ANEXO II – CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO DAS CMM'S



CERTIFICADO DE CALIBRACION

Certificate of calibration

Número **CDIM1834/17**
Number

Página **1** de **7** páginas
Page *of* *pages*

LABMETRO SERVICIOS DE METROLOGIA, S.L.

C/ San Antolín, Nº9
20870 Elgoibar - GIPUZKOA
Tel. 943 743830 - Fax 943 740635
Email: labmetro@labmetro.es
www.labmetro.es
CIF: B75068098



OBJETO Máquina de Medir por Coordenadas

Item

MARCA MITUTOYO

Mark

MODELO BHN-305

Model

IDENTIFICACIÓN 9109139

Identification

SOLICITANTE BOSCH CAR MULTIMEDIA
Applicant STREET MAX GRUNDIG,35-LOMAR
4705-8- BRAGA-

FECHA/S DE CALIBRACIÓN 14/03/2017

Dates of Calibration

Signatario/s autorizado/s

Authorized signatory/ies

Fecha de emisión : 17 de marzo de 2017

Date of issue



IGARTUA
ARRIZABALAGA
ENRIQUE -
15360840Z
2017.03.18 Enrique Igartua
07:48:25 +01'00'Responsable Técnico

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales o internacionales.
ENAC es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MLA) de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratory Accreditation Cooperation (LAC).
This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national or international standards.
ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratories Accreditation Cooperation (LAC).

1. IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO A CALIBRAR

DENOMINACIÓN: Máquina de Medir por Coordenadas
MARCA: MITUTOYO
MODELO: BHN-305
N° SERIE: 9109139
CODIGO CLIENTE : 05795
CAMPO DE MEDIDA: X = 300 mm Y = 500 mm Z = 350 mm
RANGO CALBRADO: X = 300 mm Y = 500 mm Z = 350 mm
DIVISION DE ESCALA: 0,0005 mm
FECHA DE RECEPCION: No Aplica
ACCESORIOS: No Aplica
LUGAR CALBRACIÓN: BOSCH CAR MULTIMEDIA; STREET MAX GRUNDIG,35-LOMAR
OBSERVACIONES: No Aplica

2. PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TRAZABILIDAD	Fecha Próx. Cal.
022008	Patrón de Calas Insertas 022008	Mitutoyo Holanda (RVA)	17/08/2018
E4014	Esfera Patrón E4014	Calibración Interna (ENAC)	30/10/2017
00100681	Termómetro Digital 00100681	ISQ (IPAC)	14/05/2017

NOTA : Los patrones e instrumentos empleados en la calibración tienen garantizada su trazabilidad a través de los Laboratorios reconocidos por ENAC u otra entidad de EAL.

3. CONDICIONES AMBIENTALES

TEMP. (Ini. - Fin.): 21,3 / 20,9 °C

4. METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN

Se realiza la calibración situando el patrón de calas insertas en cada una de las 7 posiciones definidas para la calibración. Se toman 5 puntos aproximadamente equidistantes para cada eje de medida y se realizan 3 reiteraciones para cada punto.

Además se mide una esfera patrón con 25 puntos y se obtiene el radio de cada uno de los puntos con respecto al centro de la esfera. Se dará como resultado la media de las 25 medidas además de la diferencia entre el punto máximo y mínimo.

La calibración se realiza según la Norma UNE-EN ISO 10360-2:2002.

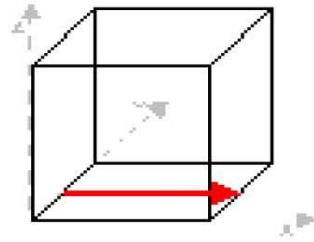
PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN: PC/02

5. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CALIBRACIÓN

A continuación se presentan los datos obtenidos en la calibración del equipo, recogiendo dichos resultados en las siguientes tablas :

Eje 1

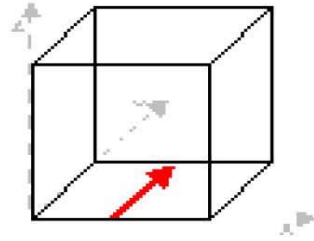
		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	90	150	210	270
Desv (μm)	1	0,4	1,5	-0,4	-1,0	-0,3
	2	-0,6	1,0	-0,9	-1,0	-0,3
	3	-0,6	1,0	-0,4	-1,5	0,2
U_0		0,54	0,57	0,61	0,67	0,74



Temperatura de patrón: 21,3 °C

Eje 2

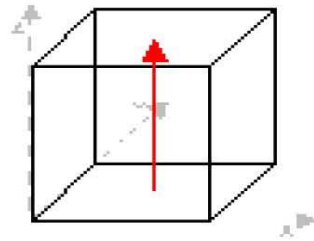
		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	210	310	410
Desv (μm)	1	-0,1	0,6	-0,7	0,8	-1,2
	2	0,4	1,1	-0,7	1,3	-1,2
	3	0,9	1,6	-0,2	1,3	-0,2
U_0		0,51	0,55	0,63	0,75	0,89



Temperatura de patrón: 21,3 °C

Eje 3

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	90	130	190	230
Desv (μm)	1	-0,5	-0,6	-0,7	-0,3	-1,0
	2	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,5
	3	-0,5	-0,6	-0,2	-0,3	-0,5
U_0		0,51	0,54	0,57	0,62	0,66

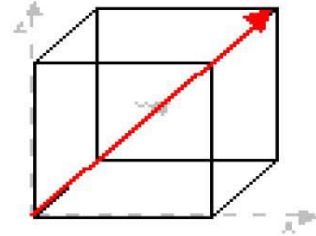


Temperatura de patrón: 21,3 °C

Eje 4

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	210	410	510
Desv (μm)	1	-0,9	-1,7	-1,5	1,5	3,2
	2	-0,8	-1,5	-0,5	2,1	3,3
	3	-0,3	-1,5	-0,9	2,1	3,5
U_0		0,51	0,55	0,63	0,88	1,02

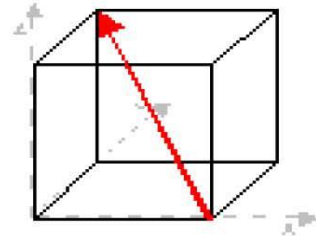
Temperatura de patrón: 21,2 °C



Eje 5

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	210	410	510
Desv (μm)	1	-0,2	-1,2	-1,5	-1,0	-2,6
	2	0,5	-0,6	-0,6	-0,8	-3,1
	3	0,4	0,4	0,1	0,3	-1,9
U_0		0,51	0,54	0,62	0,86	0,99

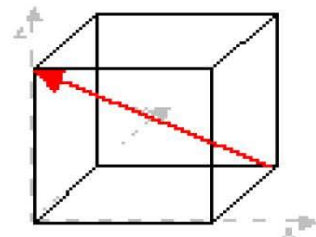
Temperatura de patrón: 20,9 °C



Eje 6

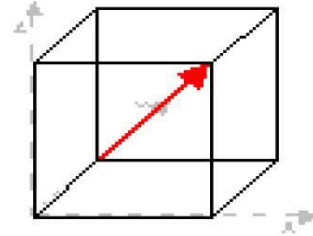
		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	210	410	510
Desv (μm)	1	0,0	0,5	1,1	2,4	1,2
	2	-0,5	0,6	1,2	1,9	1,1
	3	-0,1	0,5	0,8	2,7	1,0
U_0		0,51	0,54	0,63	0,86	1

Temperatura de patrón: 21 °C



Eje 7

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	210	410	510
Desv (μm)	1	0,6	-0,6	0,3	1,7	2,7
	2	0,2	-0,1	-0,3	1,9	2,7
	3	0,0	-0,3	-0,8	1,1	1,6
U ₀		0,51	0,54	0,62	0,86	0,99



Temperatura de patrón: **20,9 °C**

DONDE:

U₀: Incertidumbre de uso de los patrones.

Desviaciones: Valores E correspondientes a cada recorrido para cada uno de los puntos de medida en los diferentes ejes de calibración.

Se ha utilizado un factor de cobertura de $k=2$, para una distribución normal, que corresponda a una probabilidad de aproximadamente un 95%. la medida de la incertidumbre típica de medida se ha de terminado al documento EA-4/02 M:2013.

En le calculo de la incertidumbre no se ha tenido en cuenta la corrección.

Los valores e incertidumbres asignadas corresponden al momento de la medida, no ocnsiderandose la estabilidad del instrumento a mas largo plazo.

P: Verificación del sistema de palpado de la MMC

	Medidas Obtenidas ('p' mm)				
9.99655	9,9967	9,9969	9,9969	9,9969	9,9964
	9,9973	9,9969	9,9965	9,9968	9,9969
	9,9973	9,9971	9,9969	9,9972	9,9974
	9,9971	9,9971	9,9961	9,9972	9,9968
	9,9974	9,9958	9,9960	9,9977	9,9965
p media	9.9969				
p max	9.9977				
p min	9.9958				
P= pmax -pmin	0.0019				
Uo (µm)	0,06				

Los Valores e incertidumbres asignadas corresponden al momento de la medida, no considerandose la estabilidad del instrumento a más largo plazo

6. RESUMEN DE RESULTADOS

ESPECIFICACIONES DEL CLIENTE:

Especificación para los ejes de medida (MPE_E) **3+(4*L/1000)** µm (L:mm)

Especificación para el error de palpado (MPE_p) **3** µm

$$E < -MPE_E - U_0 \quad \text{y} \quad P < -MPE_p - U_0$$

Debido a que los resultados obtenidos mas la incertidumbre de uso de los patrones, son menores a las especificaciones definidas por el cliente, se considera que el equipo se encuentra dentro de especificaciones.

7. OBSERVACIONES

Junto al certificado de calibración se adjuntan etiquetas de calibración para colocar al equipo calibrado.

Se compensa los errores por la dilatación de temperatura del patrón respecto a su temperatura de calibración de 20°C

Se adjuntan como anexo los datos obtenidos antes de realizar ajuste en la máquina.

ANEXO: DATOS OBTENIDOS ANTES DEL AJUSTE DE LA MÁQUINA

Eje X: Se comienza en el cero del eje X y se mide en dirección positiva

PUNTOS DE MEDIDA									
30	90	150	210	270					
0,8	2,4	0,5	0,4	0,6					
2,3	3,4	1,5	1,9	0,6					

Eje Y: Se comienza en el cero del eje Y y se mide en dirección positiva

PUNTOS DE MEDIDA									
30	110	210	310	410					
-1,8	-2,0	-2,9	-3,0	-3,7					
-1,3	-1,5	-1,9	-3,0	-3,2					

Eje Z: Se comienza en el cero del eje Z y se mide en dirección positiva

PUNTOS DE MEDIDA									
30	90	130	190	230					
-1,8	-1,9	-2,0	-1,6	-2,3					
-2,8	-2,9	-2,5	-2,6	-3,3					



CERTIFICADO DE CALIBRACION

Certificate of calibration

Número CDIM5150/17

Number

Página 1 de 7 páginas

Page of pages

LABMETRO SERVICIOS DE METROLOGIA, S.L.

C/ San Antolín, N°9
20870 Elgoibar - GIPUZKOA
Tel. 943 743830 - Fax 943 740635
Email: labmetro@labmetro.es
www.labmetro.es
CIF: B75068098



OBJETO <i>Item</i>	Máquina de Medir por Coordenadas
MARCA <i>Mark</i>	MITUTOYO
MODELO <i>Model</i>	CRYSTA APEX 7106
IDENTIFICACIÓN <i>Identification</i>	69711223
SOLICITANTE <i>Applicant</i>	BOSCH CAR MULTIMEDIA STREET MAX GRUNVIG 35 LOMAR APDO 2458 4705-8- BRAGA
FECHA/S DE CALIBRACIÓN <i>Date/s of Calibration</i>	25/07/2017

Signatario/s autorizado/s

Authorized signatory/ies

Fecha de emisión : 27 de julio de 2017

Date of issue



IGARTUA
ARRIZABALAGA
ENRIQUE -
15360840Z
2017.07.27
11:12:09+02'00' Enrique Igartua
Responsable Técnico

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales o internacionales.
ENAC es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MLA) de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).
This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national or international standards.
ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).

1. IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO A CALIBRAR

DENOMINACIÓN: Máquina de Medir por Coordenadas
MARCA: MITUTOYO
MODELO: CRYSTA APEX 7106
N° SERIE: 69711223
CODIGO CLIENTE : 815000035498
CAMPO DE MEDIDA: X = 700 mm Y = 1.000 mm Z = 600 mm
RANGO CALBRADO: X = 700 mm Y = 1.000 mm Z = 600 mm
DIVISION DE ESCALA: 0,0001 mm
FECHA DE RECEPCION: No Aplica
ACCESORIOS: No Aplica
LUGAR CALIBRACIÓN: BOSCH CAR MULTIMEDIA; STREET MAX GRUNVIG 35 LOMAR APDO 2458; 4705-8- BRAGA
OBSERVACIONES: No Aplica

2. PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TRAZABILIDAD	Fecha Próx. Cal.
1420026	Patrón de Calas Insertas 1420026	RVA	28/11/2018
E6409	Esfera Patrón E6409	Calibración Interna (ENAC)	16/11/2018
33916702/708	Termómetro Digital 33916702/708	ISQ (IPAC)	30/06/2018

NOTA : Los patrones e instrumentos empleados en la calibración tienen garantizada su trazabilidad a través de los Laboratorios reconocidos por ENAC u otra entidad de EAL.

3. CONDICIONES AMBIENTALES

TEMP. (Ini. - Fin.): 18,6 / 18,9 °C

4. METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN

Se realiza la calibración situando el patrón de calas insertas en cada una de las 7 posiciones definidas para la calibración. Se toman 5 puntos aproximadamente equidistantes para cada eje de medida y se realizan 3 reiteraciones para cada punto.

Además se mide una esfera patrón con 25 puntos y se obtiene el radio de cada uno de los puntos con respecto al centro de la esfera. Se dará como resultado la media de las 25 medidas además de la diferencia entre el punto máximo y mínimo.

La calibración se realiza según la Norma UNE-EN ISO 10360-2:2002.

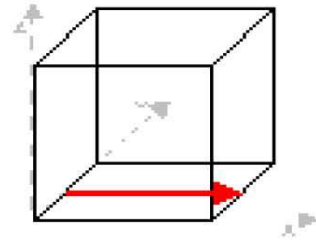
PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN: PC/02

5. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CALIBRACIÓN

A continuación se presentan los datos obtenidos en la calibración del equipo, recogiendo dichos resultados en las siguientes tablas :

Volumen 1 - Eje 1

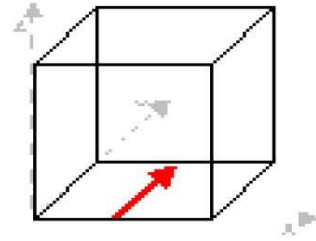
		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	210	410	510
Desv (µm)	1	-0,3	-0,5	-0,7	-0,7	0,1
	2	-0,1	-0,6	-0,4	-1,0	-0,2
	3	-0,2	-0,5	-0,5	-0,7	-0,2
U ₀		0,96	0,97	0,98	1,01	1,03



Temperatura de patrón: 18,6 °C

Volumen 1 - Eje 2

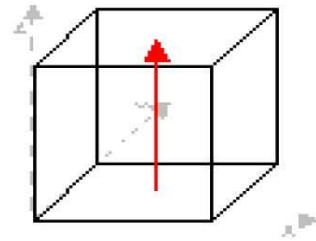
		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	310	510	710
Desv (µm)	1	0,2	0,8	1,9	0,2	-1,1
	2	0,2	0,7	1,8	0,0	-1,4
	3	0,1	0,7	1,7	-0,2	-1,7
U ₀		0,96	0,97	0,99	1,03	1,07



Temperatura de patrón: 18,6 °C

Volumen 1 - Eje 3

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	210	310	410
Desv (µm)	1	0,8	-0,6	-0,5	-0,1	1,3
	2	0,8	-0,5	-0,3	0,0	1,3
	3	0,7	-0,4	-0,2	0,1	1,5
U ₀		0,96	0,97	0,98	1	1,02

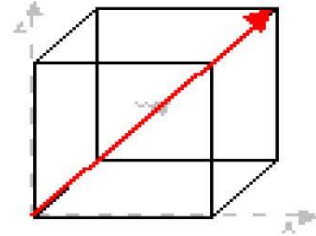


Temperatura de patrón: 18,8 °C

Volumen 1 - Eje 4

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	410	710	1010
Desv (μm)	1	0,0	0,6	1,3	1,8	2,7
	2	-0,1	0,5	1,2	1,8	2,7
	3	-0,1	0,6	1,4	1,7	2,5
U ₀		0,96	0,97	1,01	1,07	1,16

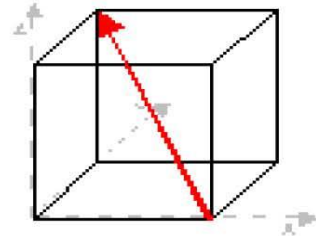
Temperatura de patrón: **18,8** °C



Volumen 1 - Eje 5

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	410	710	1010
Desv (μm)	1	-0,7	-0,2	0,8	1,4	3,1
	2	-0,5	0,2	1,0	1,6	3,2
	3	-0,4	0,2	1,2	1,7	3,2
U ₀		0,96	0,97	1,01	1,07	1,16

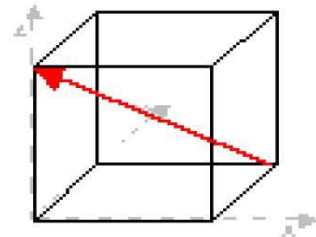
Temperatura de patrón: **18,7** °C



Volumen 1 - Eje 6

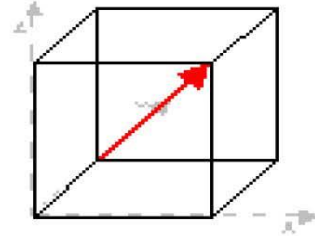
		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	410	710	1010
Desv (μm)	1	0,4	0,1	0,8	1,3	2,4
	2	0,1	-0,5	0,3	0,5	1,6
	3	0,1	-0,3	0,4	0,4	1,6
U ₀		0,96	0,97	1,01	1,07	1,16

Temperatura de patrón: **18,8** °C



Volumen 1 - Eje 7

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	410	710	1010
Desv (μm)	1	-0,6	0,6	2,2	1,8	2,8
	2	-0,6	0,3	1,8	1,3	2,3
	3	-0,7	0,4	1,8	1,4	2,2
U_0		0,96	0,97	1,01	1,07	1,16



Temperatura de patrón: **18,7** °C

DONDE:

U_0 : Incertidumbre de uso de los patrones.

Desviaciones: Valores E correspondientes a cada recorrido para cada uno de los puntos de medida en los diferentes ejes de calibración.

Se ha utilizado un factor de cobertura de $k=2$, para una distribución normal, que corresponda a una probabilidad de aproximadamente un 95%. la medida de la incertidumbre típica de medida se ha de terminado al documento EA-4/02 M:2013.

En le calculo de la incertidumbre no se ha tenido en cuenta la corrección.

Los valores e incertidumbres asignadas corresponden al momento de la medida, no ocnsiderandose la estabilidad del instrumento a mas largo plazo.

P: Verificación del sistema de palpado de la MMC

	Medidas Obtenidas ('p' mm)				
	9.99525	9,9952	9,9951	9,9954	9,9951
9,9951		9,9952	9,9952	9,9952	9,9952
9,9953		9,9950	9,9952	9,9950	9,9952
9,9952		9,9953	9,9955	9,9950	9,9953
9,9951		9,9954	9,9953	9,9952	9,9952
p media	9.9952				
p max	9.9955				
p min	9.9950				
P= pmax -pmin	0.0005				
Uo (µm)	0,06				

Los Valores e incertidumbres asignadas corresponden al momento de la medida, no considerandose la estabilidad del instrumento a más largo plazo

6. RESUMEN DE RESULTADOS

ESPECIFICACIONES DEL CLIENTE:

Especificación para los ejes de medida (MPE_E) **1,7+(4*L/1000)** µm (L:mm)

Especificación para el error de palpado (MPE_p) **1,7** µm

$$E < -MPE_E - U_0 \quad \text{y} \quad P < -MPE_p - U_0$$

Debido a que los resultados obtenidos mas la incertidumbre de uso de los patrones, son menores a las especificaciones definidas por el cliente, se considera que el equipo se encuentra dentro de especificaciones.

7. OBSERVACIONES

Junto al certificado de calibración se adjuntan etiquetas de calibración para colocar al equipo calibrado.

No se considera la contribución a la temperatura debido a que la MMC tiene compensación de la temperatura

Se adjuntan como anexo los datos obtenidos antes de realizar ajuste en la máquina.

ANEXO: DATOS OBTENIDOS ANTES DEL AJUSTE DE LA MÁQUINA

Eje X: Se comienza en el cero del eje X y se mide en dirección positiva

PUNTOS DE MEDIDA									
30	110	210	410	510					
-0,1	-1,7	-2,9	-2,1	-0,9					
-0,3	-2,2	-3,1	-2,5	-1,3					

Eje Y: Se comienza en el cero del eje Y y se mide en dirección positiva

PUNTOS DE MEDIDA									
30	110	310	510	710					
-0,1	-1,7	-4,1	-1,5	-0,7					
0,0	-1,4	-3,9	-1,3	-0,4					

Eje Z: Se comienza en el cero del eje Z y se mide en dirección positiva

PUNTOS DE MEDIDA									
30	110	210	310	410					
-0,3	-1,0	-0,9	1,1	4,1					
-0,3	-1,1	-0,9	1,1	4,1					



CERTIFICADO DE CALIBRACION

Certificate of calibration

Número CDIM7778/16

Number

Página 1 de 6 páginas

Page of pages

LABMETRO SERVICIOS DE METROLOGIA, S.L.

C/ San Antolín, N°9
20870 Elgoibar - GIPUZKOA
Tel. 943 743830 - Fax 943 740635
Email: labmetro@labmetro.es
www.labmetro.es
CIF: B75068098



OBJETO Máquina de Medir por Coordenadas

Item

MARCA MITUTOYO

Mark

MODELO CRYSTA APEX.C 9108

Model

IDENTIFICACIÓN 60181244

Identification

SOLICITANTE BOSCH CAR MULTIMEDIA
STREET MAX GRUNDIG,35-LOMAR
4705-8- BRAGA-PORTUGAL

Applicant

FECHA/S DE CALIBRACIÓN 20/12/2016

Date/s of Calibration

Signatario/s autorizado/s

Authorized signatory/ies

Fecha de emisión : 23 de diciembre de 2016

Date of issue



IGARTUA
ARRIZABALAGA
ENRIQUE -
15360840Z

2016.12.23 Enrique Igartua
18:03:02 +01'00' Responsable Técnico

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales o internacionales.
ENAC es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MLA) de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).
This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national or international standards.
ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).

1. IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO A CALIBRAR

DENOMINACIÓN: Máquina de Medir por Coordenadas
MARCA: MITUTOYO
MODELO: CRYSTA APEX C 9108
Nº SERIE: 60181244
CODIGO CLIENTE : 60181244
CAMPO DE MEDIDA: X = 900 mm Y = 1.000 mm Z = 800 mm
RANGO CALBRADO: X = 900 mm Y = 1.000 mm Z = 800 mm
DIVISION DE ESCALA: 0,0001 mm
FECHA DE RECEPCION: No Aplica
ACCESORIOS: No Aplica
LUGAR CALIBRACIÓN: BOSCH CAR MULTIMEDIA; STREET MAX GRUNDIG,35-LOMAR; 4705-8-BRAGA-PORTUGAL
OBSERVACIONES: No Aplica

2. PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TRAZABILIDAD	Fecha Próx. Cal.
022531	Patrón de Calas Insertas 022531	Mitutoyo Holanda (RVA)	27/07/2018
E4014	Esfera Patrón E4014	Calibración Interna (ENAC)	30/10/2017
00100681	Termómetro Digital 00100681	ISQ (IPAC)	14/05/2017

NOTA : Los patrones e instrumentos empleados en la calibración tienen garantizada su trazabilidad a través de los Laboratorios reconocidos por ENAC u otra entidad de EAL.

3. CONDICIONES AMBIENTALES

TEMP. (Ini. - Fin.): 20,2-20,6 °C

4. METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN

Se realiza la calibración situando el patrón de calas insertas en cada una de las 7 posiciones definidas para la calibración. Se toman 5 puntos aproximadamente equidistantes para cada eje de medida y se realizan 3 reiteraciones para cada punto.

Además se mide una esfera patrón con 25 puntos y se obtiene el radio de cada uno de los puntos con respecto al centro de la esfera. Se dará como resultado la media de las 25 medidas además de la diferencia entre el punto máximo y mínimo.

La calibración se realiza según la Norma UNE-EN ISO 10360-2:2002.

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN: PC/02

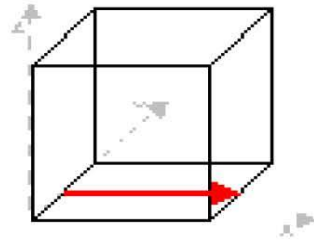
5. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CALIBRACIÓN

A continuación se presentan los datos obtenidos en la calibración del equipo, recogiendo dichos resultados en las siguientes tablas :

Eje 1

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	310	510	710
Desv (μm)	1	0,3	-0,5	0,1	0,0	0,6
	2	0,3	-0,2	0,1	0,3	1,0
	3	0,8	0,3	0,3	0,6	1,3
U_0		0,96	0,97	1	1,04	1,09

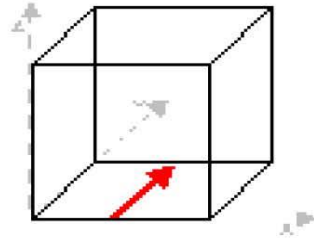
Temperatura de patrón: 20,2 °C



Eje 2

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	310	510	710
Desv (μm)	1	-0,6	-1,1	-0,6	-0,5	0,2
	2	-0,4	-0,6	-0,5	-0,3	0,5
	3	-0,1	-0,9	-0,7	-0,8	0,6
U_0		0,96	0,97	1	1,04	1,09

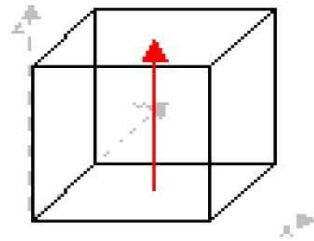
Temperatura de patrón: 20,6 °C



Eje 3

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	130	230	430	530
Desv (μm)	1	0,2	-0,1	0,0	0,7	0,4
	2	-0,2	-0,5	-0,1	0,7	0,8
	3	-0,1	-0,3	-0,1	0,4	0,4
U_0		0,97	0,98	0,99	1,03	1,06

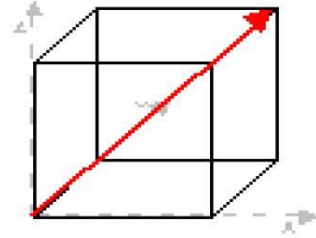
Temperatura de patrón: 20,3 °C



Eje 4

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	410	710	1010
Desv (μm)	1	-0,7	-1,1	-0,9	0,6	2,3
	2	-0,3	-0,7	0,0	1,1	3,0
	3	-0,7	-0,6	-0,1	1,4	3,1
U ₀		0,96	0,97	1,02	1,09	1,19

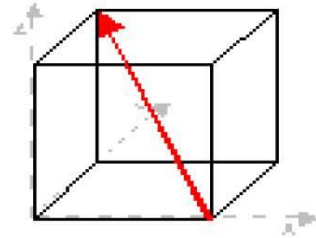
Temperatura de patrón: 20,4 °C



Eje 5

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	410	710	1010
Desv (μm)	1	0,1	0,1	-0,3	0,8	0,9
	2	0,6	0,6	0,3	1,5	1,7
	3	0,4	1,3	0,4	1,9	1,4
U ₀		0,96	0,97	1,02	1,09	1,19

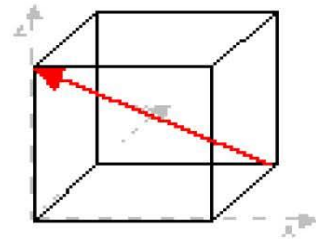
Temperatura de patrón: 20,6 °C



Eje 6

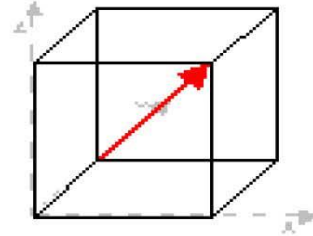
		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	410	710	1010
Desv (μm)	1	0,7	0,1	1,6	1,9	2,4
	2	0,3	-0,2	1,0	1,4	1,3
	3	0,2	-0,4	1,2	1,1	1,3
U ₀		0,96	0,97	1,02	1,09	1,19

Temperatura de patrón: 20,6 °C



Eje 7

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	410	710	1010
Desv (μm)	1	0,0	-0,1	1,5	2,2	1,6
	2	-0,3	-0,5	1,0	1,4	1,1
	3	0,1	-0,2	1,1	1,5	1,3
U ₀		0,96	0,97	1,02	1,09	1,19



Temperatura de patrón: **20,6 °C**

DONDE:

U₀: Incertidumbre de uso de los patrones.

Desviaciones: Valores E correspondientes a cada recorrido para cada uno de los puntos de medida en los diferentes ejes de calibración.

Se ha utilizado un factor de cobertura de $k=2$, para una distribución normal, que corresponda a una probabilidad de aproximadamente un 95%. La medida de la incertidumbre típica de medida se ha determinado al documento EA-4/02 M:2013.

En el cálculo de la incertidumbre no se ha tenido en cuenta la corrección.

Los valores e incertidumbres asignadas corresponden al momento de la medida, no considerando la estabilidad del instrumento a más largo plazo.

P: Verificación del sistema de palpado de la MMC

	Medidas Obtenidas ('p' mm)				
9,99655	9,9968	9,9954	9,9952	9,9964	9,9953
	9,9963	9,9956	9,9957	9,9954	9,9961
	9,9956	9,9952	9,9955	9,9955	9,9958
	9,9959	9,9954	9,9956	9,9955	9,9955
	9,9958	9,9955	9,9952	9,9963	9,9960
p media	9,9957				
p max	9,9968				
p min	9,9952				
P= pmax -pmin	0,0016				
Uo (µm)	0,06				

Los Valores e incertidumbres asignadas corresponden al momento de la medida, no considerandose la estabilidad del instrumento a más largo plazo

6. RESUMEN DE RESULTADOS

ESPECIFICACIONES DEL CLIENTE:

Especificación para los ejes de medida (MPE_E) **1,9+(4*L/1000)** µm (L:mm)

Especificación para el error de palpado (MPE_p) **1,9** µm

$$E < -MPE_E - U_0 \quad \text{y} \quad P < -MPE_p - U_0$$

Debido a que los resultados obtenidos mas la incertidumbre de uso de los patrones, son menores a las especificaciones definidas por el cliente, se considera que el equipo se encuentra dentro de especificaciones.

7. OBSERVACIONES

Junto al certificado de calibración se adjuntan etiquetas de calibración para colocar al equipo calibrado.

No se considera la contribución a la temperatura debido a que la MMC tiene compensación de la temperatura



CERTIFICADO DE CALIBRACION

Certificate of calibration

Número **CDIM1835/17**

Number

Página **1 de 7 páginas**

Page *of* *pages*

LABMETRO SERVICIOS DE METROLOGIA, S.L.

C/ San Antolín, N°9
20870 Elgoibar - GIPUZKOA
Tel. 943 743830 - Fax 943 740635
Email: labmetro@labmetro.es
www.labmetro.es
CIF: B75068098



OBJETO Máquina de Medir por Coordenadas

Item

MARCA MITUTOYO

Mark

MODELO CRYSTA APEX 9108

Model

IDENTIFICACIÓN 0049502

Identification

SOLICITANTE BOSCH CAR MULTIMEDIA
Applicant STREET MAX GRUNDIG,35-LOMAR
4705-8- BRAGA-

FECHA/S DE CALIBRACIÓN 16/03/2017

Date/s of Calibration

Signatario/s autorizado/s

Authorized signatory/ies

Fecha de emisión : 17 de marzo de 2017

Date of issue



IGARTUA
ARRIZABALAGA
ENRIQUE -
15360840Z
2017.03.18 Enrique Igartua
07:48:04 +01'00' Responsable Técnico

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales o internacionales.
ENAC es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MLA) de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).
This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national or international standards.
ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).

1. IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO A CALIBRAR

DENOMINACIÓN: Máquina de Medir por Coordenadas
MARCA: MITUTOYO
MODELO: CRYSTA APEX 9108
N° SERIE: 0049502
CODIGO CLIENTE : 21232
CAMPO DE MEDIDA: X = 900 mm Y = 1.000 mm Z = 800 mm
RANGO CALBRADO: X = 900 mm Y = 1.000 mm Z = 800 mm
DIVISION DE ESCALA: 0,0001 mm
FECHA DE RECEPCION: No Aplica
ACCESORIOS: No Aplica
LUGAR CALIBRACIÓN: BOSCH CAR MULTIMEDIA; STREET MAX GRUNDIG,35-LOMAR
OBSERVACIONES: No Aplica

2. PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TRAZABILIDAD	Fecha Próx. Cal.
022531	Patrón de Calas Insertas 022531	Mitutoyo Holanda (RVA)	27/07/2018
E4014	Esfera Patrón E4014	Calibración Interna (ENAC)	30/10/2017
00100681	Termómetro Digital 00100681	ISQ (IPAC)	14/05/2017

NOTA : Los patrones e instrumentos empleados en la calibración tienen garantizada su trazabilidad a través de los Laboratorios reconocidos por ENAC u otra entidad de EAL.

3. CONDICIONES AMBIENTALES

TEMP. (Ini. - Fin.): 19,7 / 20,4 °C

4. METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN

Se realiza la calibración situando el patrón de calas insertas en cada una de las 7 posiciones definidas para la calibración. Se toman 5 puntos aproximadamente equidistantes para cada eje de medida y se realizan 3 reiteraciones para cada punto.

Además se mide una esfera patrón con 25 puntos y se obtiene el radio de cada uno de los puntos con respecto al centro de la esfera. Se dará como resultado la media de las 25 medidas además de la diferencia entre el punto máximo y mínimo.

La calibración se realiza según la Norma UNE-EN ISO 10360-2:2002.

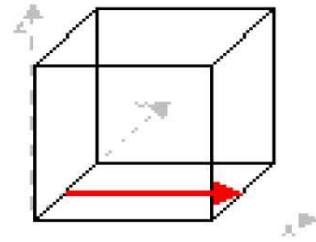
PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN: PC/02

5. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CALIBRACIÓN

A continuación se presentan los datos obtenidos en la calibración del equipo, recogiendo dichos resultados en las siguientes tablas :

Eje 1

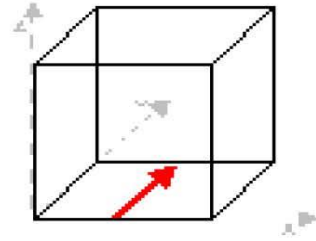
		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	310	510	710
Desv (μm)	1	0,6	0,8	0,6	0,2	-0,2
	2	-0,2	0,8	0,6	1,2	0,3
	3	-0,1	0,3	0,9	1,1	0,5
U_0		0,96	0,97	0,99	1,03	1,07



Temperatura de patrón: 19,7 °C

Eje 2

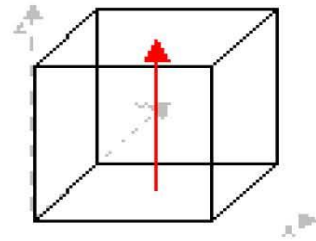
		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	310	610	810
Desv (μm)	1	0,2	-0,4	0,7	0,2	0,5
	2	1,0	-0,1	1,2	0,5	0,8
	3	0,6	0,6	1,1	0,9	1,3
U_0		0,96	0,97	0,99	1,05	1,1



Temperatura de patrón: 19,8 °C

Eje 3

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	310	510	690
Desv (μm)	1	-0,4	-0,4	-0,7	0,2	0,2
	2	0,1	-0,2	-0,1	0,8	0,7
	3	0,1	0,0	-0,6	1,1	0,8
U_0		0,96	0,97	1	1,04	1,08

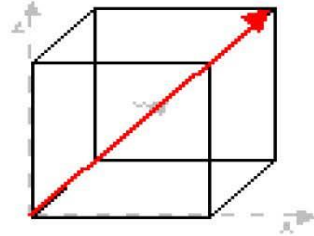


Temperatura de patrón: 20 °C

Eje 4

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	410	710	1010
Desv (μm)	1	0,8	1,2	1,7	2,4	-1,0
	2	0,9	0,7	1,8	2,8	-0,6
	3	1,3	1,1	2,3	3,2	-0,3
U ₀		0,96	0,97	1,01	1,07	1,16

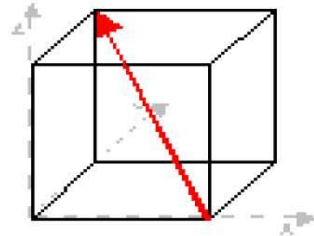
Temperatura de patrón: **20,3 °C**



Eje 5

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	410	710	1010
Desv (μm)	1	0,9	0,5	0,6	1,1	-0,4
	2	1,1	1,3	1,5	2,0	0,9
	3	0,6	1,0	1,3	1,7	0,9
U ₀		0,96	0,97	1,01	1,07	1,16

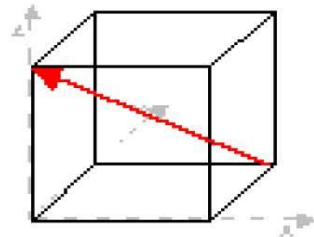
Temperatura de patrón: **20,4 °C**



Eje 6

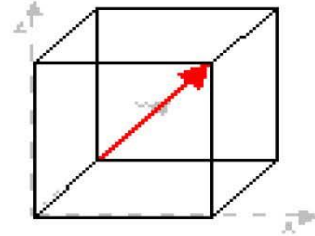
		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	410	710	1010
Desv (μm)	1	1,2	1,0	0,3	-0,8	0,6
	2	1,0	1,2	0,8	-0,3	0,8
	3	0,8	0,7	1,0	0,2	1,1
U ₀		0,96	0,97	1,01	1,07	1,16

Temperatura de patrón: **20,4 °C**



Eje 7

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		30	110	410	710	1010
Desv (μm)	1	-0,8	-0,9	-2,4	-3,1	-3,4
	2	-1,1	-1,6	-2,7	-3,2	-3,2
	3	-0,3	-1,2	-2,1	-2,5	-2,5
U ₀		0,96	0,97	1,01	1,07	1,16



Temperatura de patrón: **20,3 °C**

DONDE:

U₀: Incertidumbre de uso de los patrones.

Desviaciones: Valores E correspondientes a cada recorrido para cada uno de los puntos de medida en los diferentes ejes de calibración.

Se ha utilizado un factor de cobertura de $k=2$, para una distribución normal, que corresponda a una probabilidad de aproximadamente un 95%. La medida de la incertidumbre típica de medida se ha determinado al documento EA-4/02 M:2013.

En el cálculo de la incertidumbre no se ha tenido en cuenta la corrección.

Los valores e incertidumbres asignadas corresponden al momento de la medida, no considerando la estabilidad del instrumento a más largo plazo.

P: Verificación del sistema de palpado de la MMC

		Medidas Obtenidas ('p' mm)				
9.99655		9,9968	9,9959	9,9962	9,9965	9,9971
		9,9957	9,9955	9,9966	9,9959	9,9966
		9,9962	9,9952	9,9951	9,9956	9,9952
		9,9966	9,9958	9,9950	9,9969	9,9966
		9,9964	9,9954	9,9961	9,9951	9,9955
p media		9.9960				
p max		9.9971				
p min		9.9950				
P= pmax -pmin		0.0021				
Uo (µm)		0,06				

Los Valores e incertidumbres asignadas corresponden al momento de la medida, no considerandose la estabilidad del instrumento a más largo plazo

6. RESUMEN DE RESULTADOS

ESPECIFICACIONES DEL CLIENTE:

Especificación para los ejes de medida (MPE_E) **2,2+(4*L/1000)** µm (L:mm)

Especificación para el error de palpado (MPE_p) **2,2** µm

$$E < -MPE_E - U_0 \quad \text{y} \quad P < -MPE_p - U_0$$

Debido a que los resultados obtenidos mas la incertidumbre de uso de los patrones, son menores a las especificaciones definidas por el cliente, se considera que el equipo se encuentra dentro de especificaciones.

7. OBSERVACIONES

Junto al certificado de calibración se adjuntan etiquetas de calibración para colocar al equipo calibrado.

No se considera la contribución a la temperatura debido a que la MMC tiene compensación de la temperatura

Se adjuntan como anexo los datos obtenidos antes de realizar ajuste en la máquina.

ANEXO: DATOS OBTENIDOS ANTES DEL AJUSTE DE LA MÁQUINA

Eje X: Se comienza en el cero del eje X y se mide en dirección positiva

PUNTOS DE MEDIDA									
30	110	310	510	710					
1,2	1,7	3,8	4,9	6,8					
0,4	1,7	4,2	5,1	7,1					

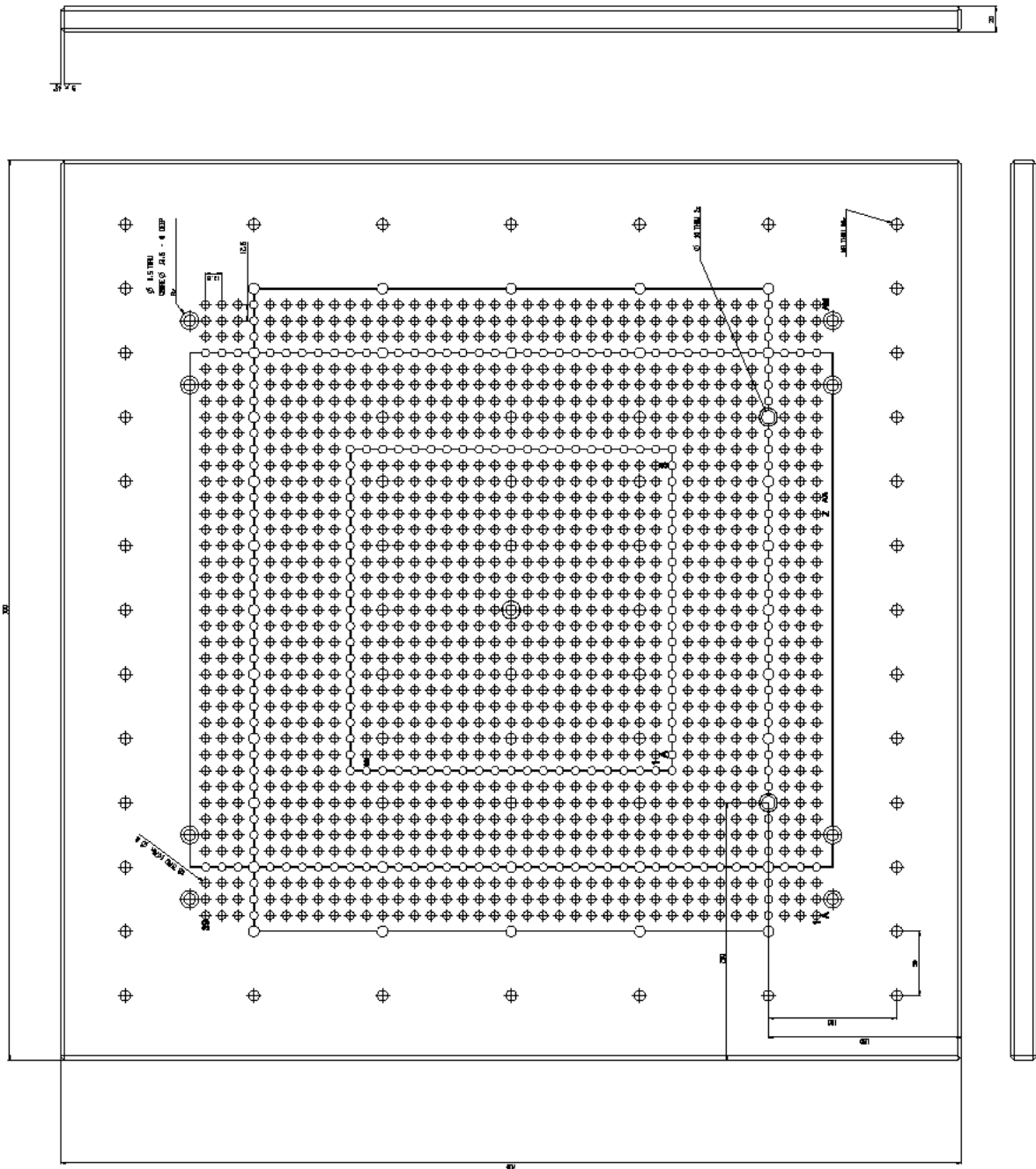
Eje Y: Se comienza en el cero del eje Y y se mide en dirección positiva

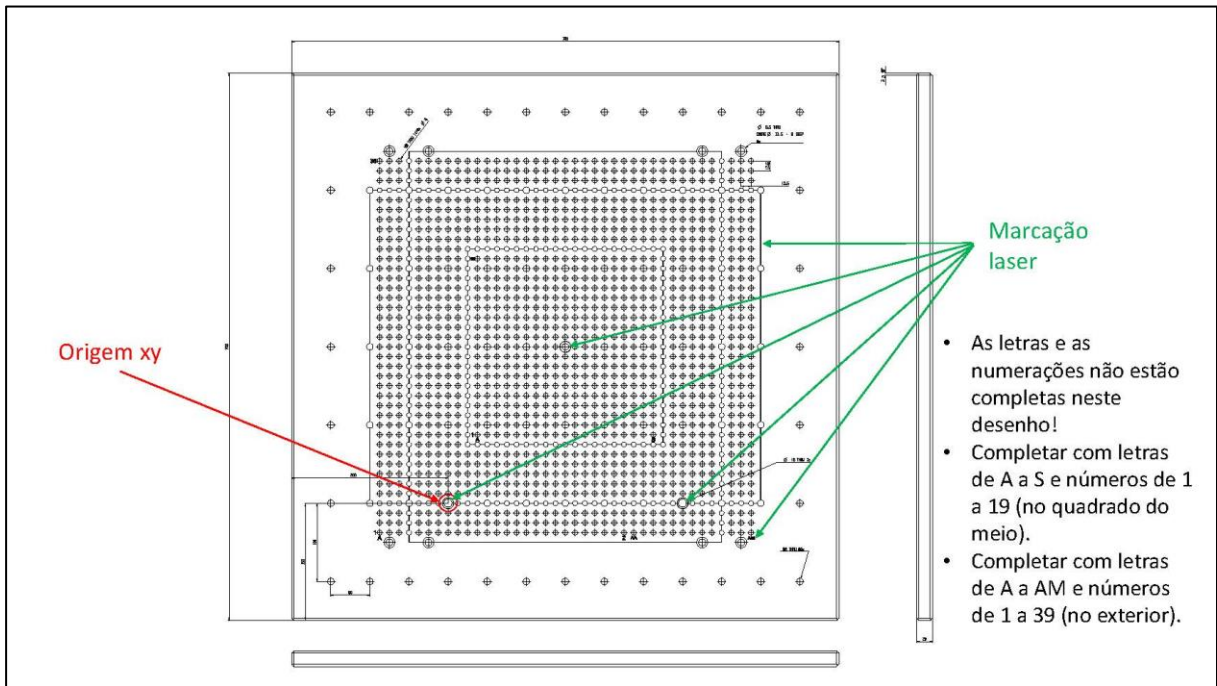
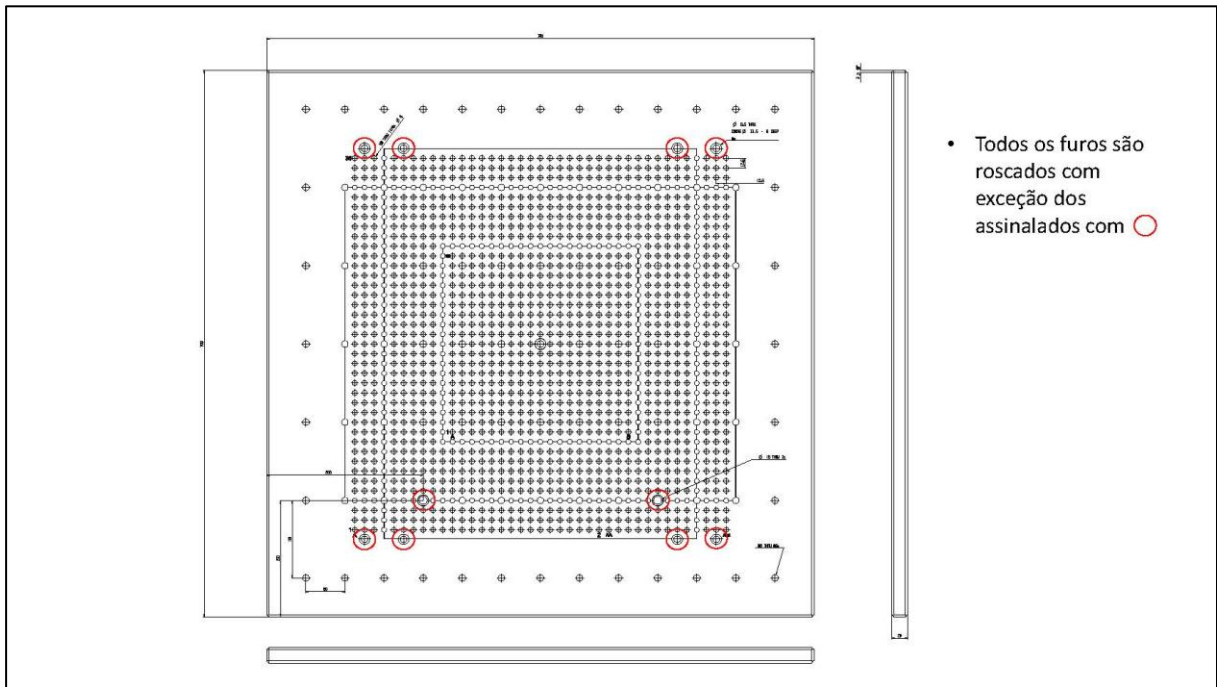
PUNTOS DE MEDIDA									
30	110	310	610	810					
0,9	0,8	2,5	3,8	4,9					
0,4	0,6	2,0	3,4	4,8					

Eje Z: Se comienza en el cero del eje Z y se mide en dirección positiva


PUNTOS DE MEDIDA									
30	110	310	510	690					
0,2	0,3	1,1	2,7	3,6					
0,4	0,5	1,3	3,1	4,2					

ANEXO III – DESENHOS TÉCNICOS DA BASE FIXA





ANEXO IV – IT DO GAGE R&R

 BOSCH	Instruções de trabalho	PEP-W- BrgP_I_ENG- LabMec_004
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-PE-Lab-Employees

1 Introdução

Esta Instrução de Trabalho (IT) descreve o procedimento a seguir para a execução de estudos de Repetibilidade e Reprodutibilidade (Gage R&R).

2 Gage R&R

Estudos de repetibilidade devem ser realizados aos equipamentos de medição do laboratório de forma a avaliar a capacidade do sistema de medição desses equipamentos.

Os estudos a realizar são estudos do tipo-3 ([Booklet10. Capability of Measurement and Test Processes – page 15](#)), cujo número da amostra é igual a 25 peças e o número de repetições a realizar é duas vezes.

2.1 Máquinas CMM

O programa dimensional já existe e encontra-se no diretório Gage R&R de cada máquina.



Part name	Created	Time	Modified	Time
Alinhamento Base Fixação	26-03-2014	19:43:10	31-03-2014	19:10:55
Gage R&R - Fascia	11-04-2014	08:43:48	28-05-2014	18:39:09

Figura 1. Diretório do programa de Gage R&R na CMM

As peças a serem usadas, amostra de 25 blendas, para a análise estão devidamente identificadas dentro de caixas, na sala do laboratório:




Figura 2. Caixas da Amostra de Blendas



Figura 3. Blenda

Area Coordinator	Autor	Aprovação	Versão	Data	Página
Alessandro Oliveira	Carina Peixoto	Isabel Freitas	V1.0	28.10.2014	1 / 10

 BOSCH	Instruções de trabalho	PEP-W- BrgP_I_ENG- LabMec_004
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-PE-Lab-Employees

As peças estão numeradas e devem ser medidas aleatoriamente. Após a medição da amostra das 25 peças, repetir uma segunda vez a medição das mesmas.

2.2 Microscópio Tridimensional

O programa dimensional já existe e encontra-se no diretório Gage R&R do equipamento.

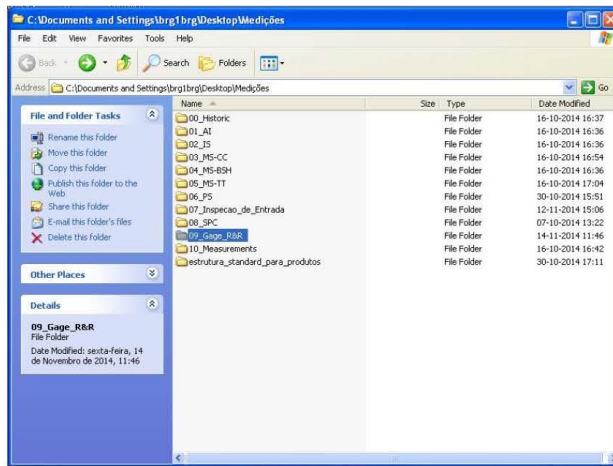


Figura 4. Diretório do programa de Gage R&R no Microscópio

As peças a serem usadas, amostra de 25 PCB's, encontram-se na sala do laboratório, devidamente identificadas:




Figura 5. Pacote da Amostra de PCB's



Figura 6. PCB

Area Coordinator	Autor	Aprovação	Versão	Data	Página
Alessandro Oliveira	Carina Peixoto	Isabel Freitas	V1.0	28.10.2014	2 / 10

 BOSCH	Instruções de trabalho	PEP-W- BrgP_I_ENG- LabMec_004
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-PE-Lab-Employees

As peças estão numeradas e devem ser medidas aleatoriamente. Após a medição da amostra das 25 peças, repetir uma segunda vez a medição das mesmas.

2.3 Tratamento de dados – Qs-Stat

Abriu o *Citrix Receiver* e selecionar o programa "solara_P":

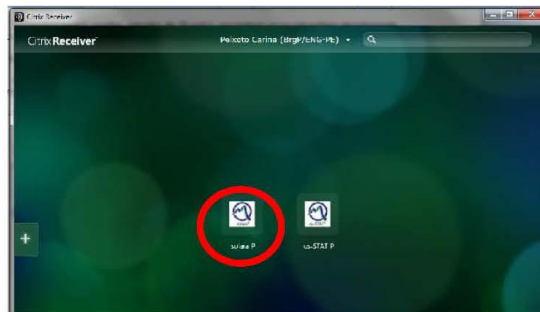


Figura 7. Janela do Citrix Receiver

Depois de aberto o "solara_P", criar novo projeto:

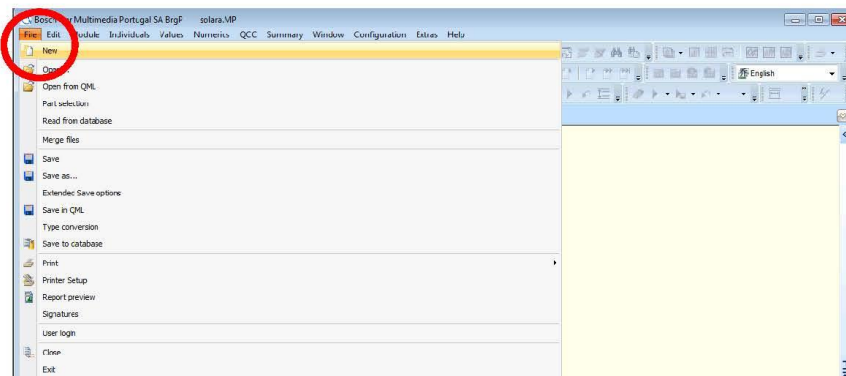



Figura 8. Seleção para criar novo projeto no "solara_P"

Em seguida, a janela de características abre-se e seleciona-se o estudo do tipo 3 e o número de características a avaliar (o número de características é o número de dimensões medidas numa peça).

Area Coordinator	Autor	Aprovação	Versão	Data	Página
Alessandro Oliveira	Carina Peixoto	Isabel Freitas	V1.0	28.10.2014	3 / 10

 BOSCH	Instruções de trabalho	PEP-W- BrgP_I_ENG- LabMec_004
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-PE-Lab-Employees

No caso do programa das CMM o número de características é 3 e no caso do microscópio o número de características é 5):

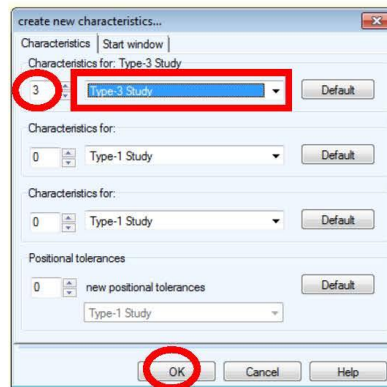


Figura 9. Janela de características

Em seguida, abre-se as janelas de dados das características:

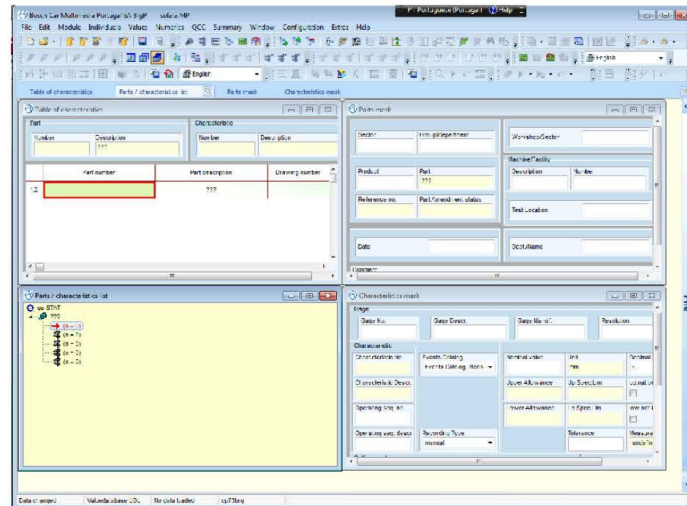



Figura 10. Janelas das Características e Dados

Area Coordinator	Autor	Aprovação	Versão	Data	Página
Alessandro Oliveira	Carina Peixoto	Isabel Freitas	V1.0	28.10.2014	4 / 10

 BOSCH	Instruções de trabalho	PEP-W- BrgP_I_ENG- LabMec_004
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-PE-Lab-Employees

(1) Selecionar "n=0" para preencher os dados relativos á primeira característica:

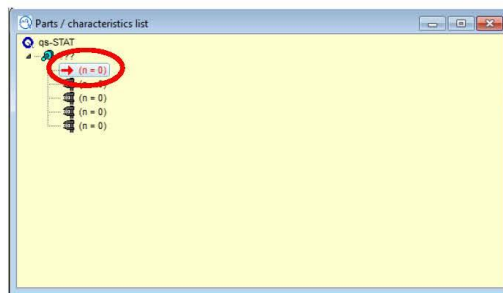


Figura 11. Janela da Lista de Características

Preencher os dados conforme as janelas abaixo:

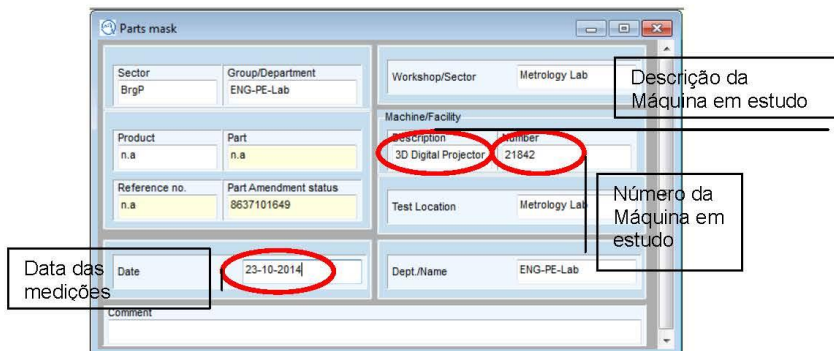

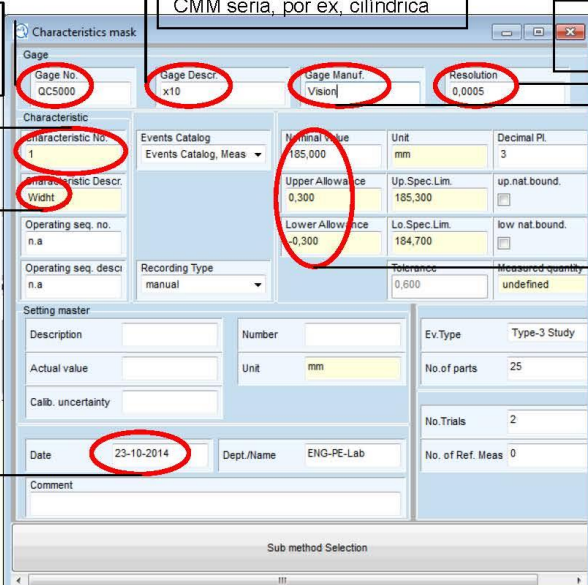


Figura 12. Janela do Cabeçalho das Características

Area Coordinator	Autor	Aprovação	Versão	Data	Página
Alessandro Oliveira	Carina Peixoto	Isabel Freitas	V1.0	28.10.2014	5 / 10

 BOSCH	Instruções de trabalho	PEP-W- BrgP_I_ENG- LabMec_004
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-PE-Lab-Employees



Callouts and their corresponding fields in the screenshot:

- Sensor do equi., na CMM seria, por ex, TP20.** - Points to 'Gage No.' (QC5000)
- Ponteira ou câmara usada, na CMM seria, por ex, cilíndrica** - Points to 'Gage Descr.' (x10)
- Resolução do equipamento** - Points to 'Resolution' (0,0005)
- Número da característica** - Points to 'Characteristic No.' (1)
- Nome da característica** - Points to 'Characteristic Descr.' (Width)
- Fornecedor do equipamento** - Points to 'Gage Manuf.' (Vision)
- Nominal e tolerâncias da dimensão** - Points to 'Nominal Value' (185,000), 'Upper Allowance' (0,300), and 'Lower Allowance' (-0,300)
- Data das medições realizadas** - Points to 'Date' (23-10-2014)

Figura 13. Janela de Dados da Característica


Após preenchimento dos dados da primeira característica, o número e nome dado á característica aparecerá na primeira janela:



Figura 14. Número e nome da Característica criada

Selecionar o ícone de "Values Mask" e preencher os resultados medidos nas colunas "Trial1" e "Trial2", conforme a primeira repetição ou segunda respetivamente:

Area Coordinator	Autor	Aprovação	Versão	Data	Página
Alessandro Oliveira	Carina Peixoto	Isabel Freitas	V1.0	28.10.2014	6 / 10

 BOSCH	Instruções de trabalho	PEP-W- BrgP_I_ENG- LabMec_004
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-PE-Lab-Employees

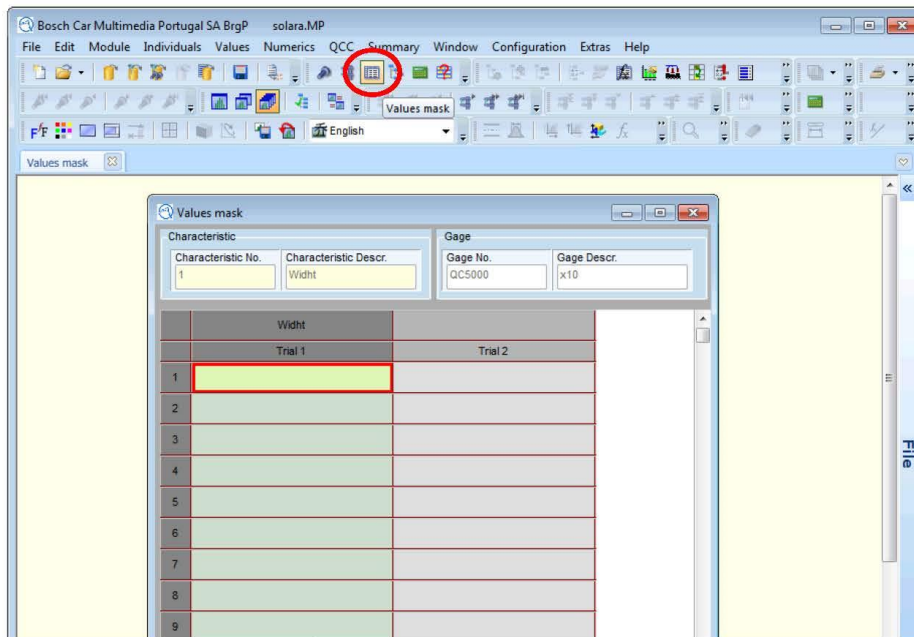



Figura 15. Ícone para abrir janela de Valores Medidos

Repetir os passos a partir de (1) para inserir os dados das restantes características do estudo.

2.4 Resultado

Para obtermos os resultados do estudo, após inserir os dados relativos às características, selecionar "Execute Evaluation"

Area Coordinator	Autor	Aprovação	Versão	Data	Página
Alessandro Oliveira	Carina Peixoto	Isabel Freitas	V1.0	28.10.2014	7 / 10

 BOSCH	Instruções de trabalho	PEP-W- BrgP_I_ENG- LabMec_004
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-PE-Lab-Employees

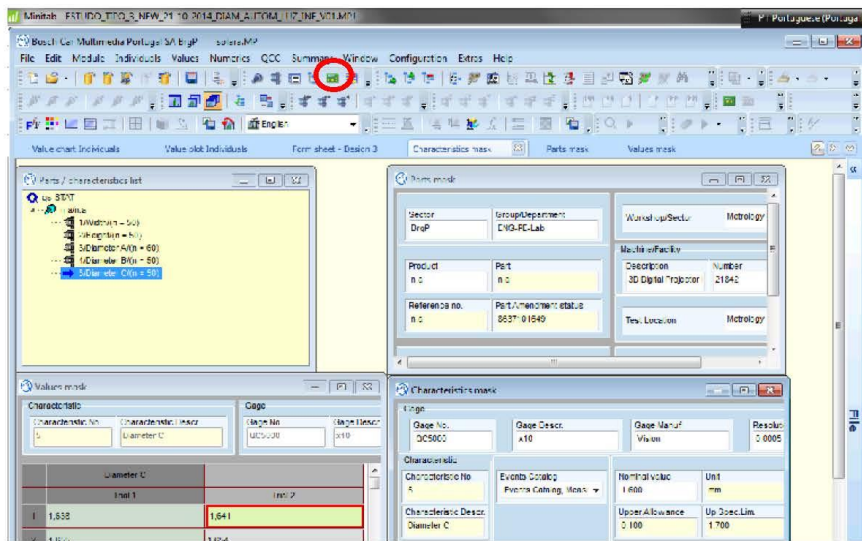


Figura 16. Ícone para executar avaliação dos dados - “Execute Evaluation”

Em seguida, selecionar “Report Preview”:

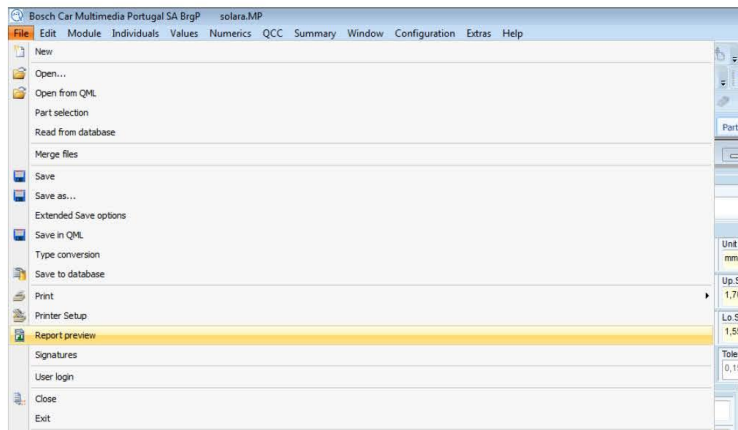



Figura 17. Seleção do “Report Preview”

Area Coordinator	Autor	Aprovação	Versão	Data	Página
Alessandro Oliveira	Carina Peixoto	Isabel Freitas	V1.0	28.10.2014	8 / 10

 BOSCH	Instruções de trabalho	PEP-W- BrgP_I_ENG- LabMec_004
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-PE-Lab-Employees

E escolher o relatório de estudos do tipo-3:

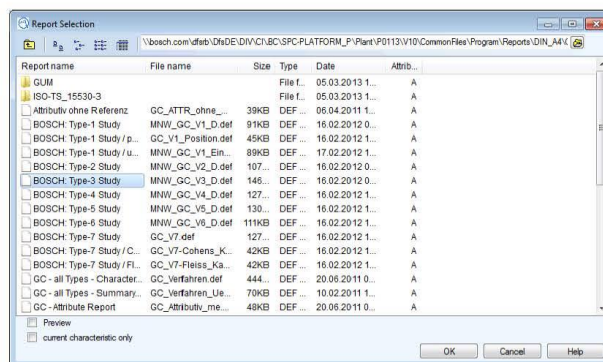


Figura 18. Janela de seleção de relatórios - estudos do tipo-3

Abre-se uma janela com a pré visualização do relatório. Guardar o relatório, clicando no botão direito do rato e selecionar "Print report to PDF now" + "All Pages":

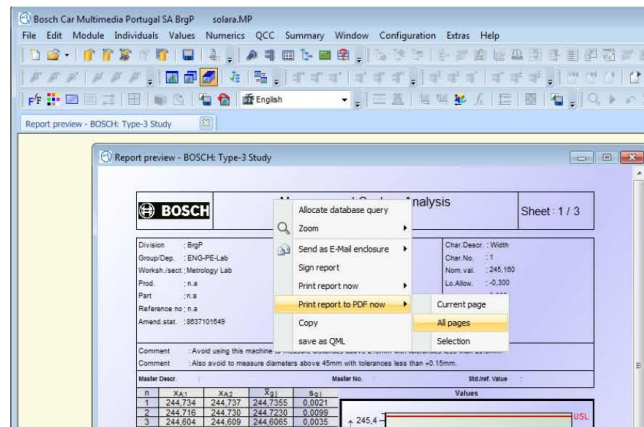



Figura 19. Salvar relatório

Guardar o relatório no seguinte [link](#):

[O:\D_ENGIENG-PO-PE\ENG PE Lab\01_Management\01_Laboratory\Gage_R&R](#)

Area Coordinator	Autor	Aprovação	Versão	Data	Página
Alessandro Oliveira	Carina Peixoto	Isabel Freitas	V1.0	28.10.2014	9 / 10

 BOSCH	Instruções de trabalho	PEP-W- BrgP_I_ENG- LabMec_004
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-PE-Lab-Employees

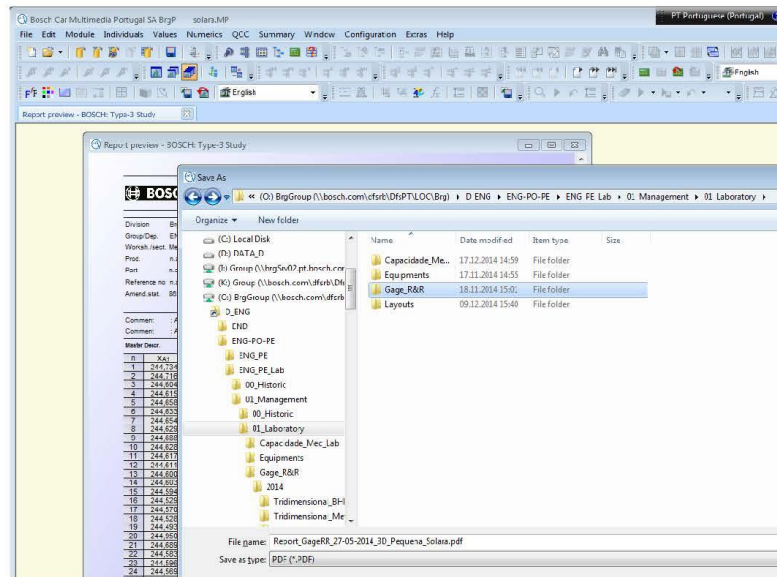


Figura 20. Diretório de estudos Gage R&R do laboratório

Nota: Analisar os resultados e elaborar relatório com comentários de acordo com os relatórios elaborados em anos anteriores.

Area Coordinator	Autor	Aprovação	Versão	Data	Página
Alessandro Oliveira	Carina Peixoto	Isabel Freitas	V1.0	28.10.2014	10 / 10

ANEXO V – RESULTADOS DO GAGE R&R DA CMM1

Project Report - Gage R&R for 3D Machine

Gage R&R Study

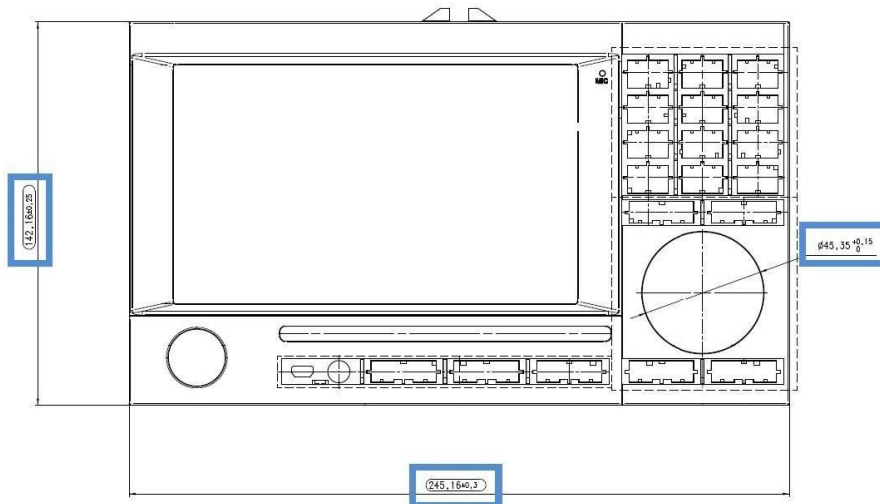
Machine: 3D tactile measuring device / Mitutoyo BHN 305
Accuracy: 3µm
Parts: 25 Operators: 1
Replicates: 2 Total runs: 50

Gage R&R Study - ANOVA Method

* NOTE * No or identical values for Operator - will analyze data without operator factor.

Parts and Characteristics

Plastic parts used for measurements. Characteristics evaluated: width, height and diameter:



Summary:

Characteristic 'Width': Gage R&R = 20.90 % and NDC = 5.
Characteristic 'Height': Gage R&R = 17.41 % and NDC = 5.
Characteristic 'Diameter': Gage R&R = 24.05 % and NDC = 3.

Notes:

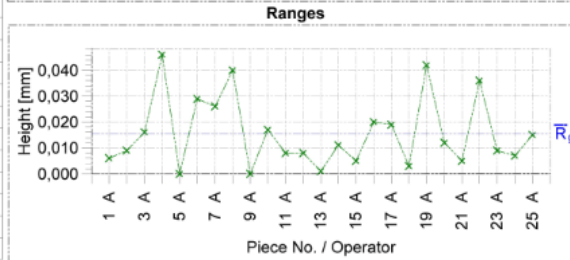
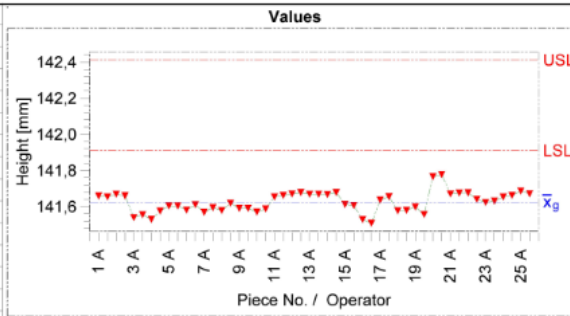
Avoid using this machine to measure distances above 245mm with tolerances less than ± 0.3 mm.
Also avoid to measure diameters above 45mm with tolerances less than $+0.15$ mm.

Division : BrgP Group/Dep. : ENG/PE-Lab Worksh./sect. : Metrology lab Prod. : n.a. Part : n.a. Reference no : n.a. Amend.stat. :	Operating seq. : Mach.Descr. : Mitutoyo BHN 305 Mach.No. : 5795 Test Location : Metrology Lab Gage Descr. : Spherical Probe 1mm Gage No. : TP2 Gage Manu. : Mitutoyo Resolution : 0,001	Char.Descr. : Height Char.No. : 2 Nom.val. : 142,160 Lo.Allow. : -0,250 Up.Allow. : 0,250 Tol. : 0.500 Unit : mm
--	--	--

Comment :
Comment :

Master Descr. : Master No. : Std./ref. Value :

n	X _{A,1}	X _{A,2}	$\bar{X}_{g,j}$	S _{g,j}
1	141,659	141,653	141,6560	0,0042
2	141,669	141,660	141,6645	0,0064
3	141,539	141,555	141,5470	0,0113
4	141,529	141,575	141,5520	0,0325
5	141,603	141,603	141,6030	0,0000
6	141,581	141,610	141,5955	0,0205
7	141,568	141,594	141,5810	0,0184
8	141,578	141,618	141,5980	0,0283
9	141,590	141,590	141,5900	0,0000
10	141,570	141,587	141,5785	0,0120
11	141,654	141,662	141,6580	0,0057
12	141,670	141,678	141,6740	0,0057
13	141,668	141,669	141,6685	0,0007
14	141,667	141,678	141,6725	0,0078
15	141,611	141,606	141,6085	0,0035
16	141,528	141,508	141,5180	0,0141
17	141,636	141,655	141,6455	0,0134
18	141,576	141,579	141,5775	0,0021
19	141,598	141,556	141,5770	0,0297
20	141,766	141,778	141,7720	0,0085
21	141,670	141,675	141,6725	0,0035
22	141,676	141,640	141,6580	0,0255
23	141,622	141,631	141,6265	0,0064
24	141,654	141,661	141,6575	0,0049
25	141,686	141,671	141,6785	0,0106



	Variance	Standard dev.		
Repeatability	0.00021048	0.014508	0.011378 ≤ 0.014508 ≤ 0.020027	%EV = 17.41%
Repeatability & Repr	0.00021048	0.014508 ¹⁵	0.011378 ≤ 0.014508 ≤ 0.020027	%GRR = 17.41%

Tolerance	=	T	=	0.500	Confidence interval	=	1-	=	95.000%
Resolution	=	%RE	=	0.20%					
Repeatability & Reproducibility	=	%GRR	=	17.41%					
Part Variation	=	%PV	=	65.74%					
number of distinct categories	=	ndc	=	5					

Measurement system marginally capable (%RE,%GRR)



BOSCH 2012 - MSA: Type 3

	T _{min} (%GRR)	0.870	T _{min} (%GRR)	0.290
--	-------------------------	-------	-------------------------	-------

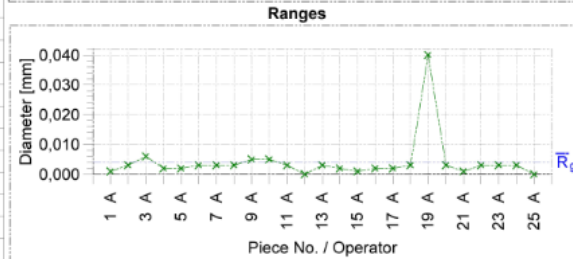
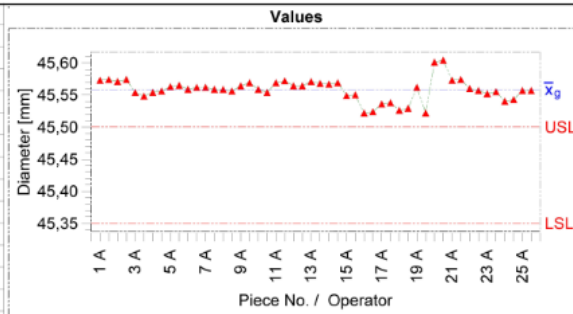
Test Plan Development Date	3/09/2016	Test Plan Developer	ENG/PE-Lab	Test Begin	03/09/2016	Operator name	
Department		Name		Date		Signature	
28.09.2016	10 / 130909 MNW_GC_V3_D.def		Bosch Car Multimedia Portugal SA BrgP				

Division : BrgP Group/Dep. : ENG/PE-Lab Worksh./sect. : Metrology lab Prod. : n.a. Part : n.a. Reference no : n.a. Amend.stat. :	Operating seq. : n.a. Mach.Descr. : Mitutoyo BHN 305 Mach.No. : 5795 Test Location : Metrology Lab Gage Descr. : Spherical Probe 1mm Gage No. : TP2 Gage Manu. : Mitutoyo Resolution : 0,001	Char.Descr. : Diameter Char.No. : 3 Nom.val. : 45,350 Lo.Allow. : 0,000 Up.Allow. : 0,150 Tol. : 0,150 Unit : mm
--	---	--

Comment :
Comment :

Master Descr. : Master No. : Std./ref. Value :

n	X _{A,1}	X _{A,2}	\bar{X}_g	S _g
1	45,573	45,574	45,5735	0,0007
2	45,571	45,574	45,5725	0,0021
3	45,554	45,548	45,5510	0,0042
4	45,554	45,556	45,5550	0,0014
5	45,563	45,565	45,5640	0,0014
6	45,559	45,562	45,5605	0,0021
7	45,562	45,559	45,5605	0,0021
8	45,559	45,566	45,5575	0,0021
9	45,564	45,569	45,5665	0,0035
10	45,559	45,554	45,5565	0,0035
11	45,569	45,572	45,5705	0,0021
12	45,564	45,564	45,5640	0,0000
13	45,571	45,568	45,5695	0,0021
14	45,567	45,569	45,5680	0,0014
15	45,549	45,550	45,5495	0,0007
16	45,522	45,524	45,5230	0,0014
17	45,536	45,538	45,5370	0,0014
18	45,526	45,529	45,5275	0,0021
19	45,562	45,522	45,5420	0,0283
20	45,601	45,604	45,6025	0,0021
21	45,573	45,574	45,5735	0,0007
22	45,560	45,557	45,5585	0,0021
23	45,552	45,555	45,5535	0,0021
24	45,540	45,543	45,5415	0,0021
25	45,557	45,557	45,5570	0,0000



	Variance	Standard dev.	
Repeatability	0.000036160	0.0060133	0.0047160 ≤ 0.0060133 ≤ 0.00830 %EV = 24.05%
Repeatability & Repr	0.000036160	0.0060133 ¹⁵	0.0047160 ≤ 0.0060133 ≤ 0.00830 %GRR = 24.05%

Tolerance = T = 0.150	Confidence interval = 1- = 95.000%
Resolution = %RE = 0.67%	0 5
Repeatability & Reproducibility = %GRR = 24.05%	0 10 30
Part Variation = %PV = 63.56%	0 50 100 150
number of distinct categories = ndc = 3	0 5

Measurement system marginally capable (%RE,%GRR)



BOSCH 2012 - MSA: Type 3

	T _{min} (%GRR) 0.361	T _{min} (%GRR) 0.120
--	-------------------------------	-------------------------------

Test Plan Development Date: 3/09/2016	Test Plan Developer: ENG/PE-Lab	Test Begin: 07/09/2016	Operator name: _____
Department: 28.09.2016	Name: 10 / 130909 MNW_GC_V3_D.def	Date: _____	Signature: _____

ANEXO VI – NOVA IT DO GAGE R&R

 BOSCH	Instruções de trabalho	
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-Lab-Employees

1 Introdução

Esta Instrução de Trabalho (IT) descreve o procedimento a seguir para a execução de estudos de Repetibilidade e Reprodutibilidade (Gage R&R).

2 Gage R&R

Estudos de repetibilidade devem ser realizados aos equipamentos de medição do laboratório de forma a avaliar a capacidade do sistema de medição desses equipamentos.

Os estudos a realizar são estudos do tipo-3 ([Booklet10. Capability of Measurement and Test Processes – page 15](#)), cujo número da amostra é igual a 25 peças e o número de repetições a realizar é duas vezes.

2.1 Máquinas CMM


Antes de iniciar o estudo Gage R&R, é necessário alinhar a Base de Fixação, para isso usa-se o programa já existente em cada uma das máquinas, com o nome “Alinhamento base Fixação”.

Para o realizar o estudo Gage R&R, usa-se o programa dimensional já existente que se encontra no diretório Gage R&R de cada máquina.



Part name	Created	Time	Modified	Time
Alinhamento Base Fixação	26-03-2014	19:43:10	31-03-2014	19:10:55
Gage R&R - Fascia	11-04-2014	08:43:48	28-05-2014	18:39:09

Figura 1. Diretório do programa de Gage R&R na CMM

 BOSCH	Instruções de trabalho	
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-Lab-Employees

As peças a serem usadas, amostra de 25 blendas, para a análise estão devidamente identificadas dentro de caixas, na sala do laboratório:



Figura 2. Caixas da Amostra de Blendas



Figura 3. Blenda

As peças estão numeradas e devem ser medidas aleatoriamente. Após a medição da amostra das 25 peças, repetir uma segunda vez a medição das mesmas.

De modo a minimizar os erros introduzidos pela influência do operador nos estudos Gage R&R do tipo 3, durante a colocação da peça, foi estabelecido um método que se encontra identificado no jig. Seguir as setas para a colocação da amostra e a ordem de clampagem. Nos clampos é sempre aplicada força máxima.



Figura 4 – Método de colocação da amostra

 BOSCH	Instruções de trabalho	
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-Lab-Employees

Nota: Ter em atenção a dimensão dos parafusos. Um deles é maior que os outros e é colocado na posição identificada na foto.



Figura 5 – Aparafusamento do jig

2.2 Microscópio Tridimensional

O programa dimensional já existe e encontra-se no diretório Gage R&R do equipamento.

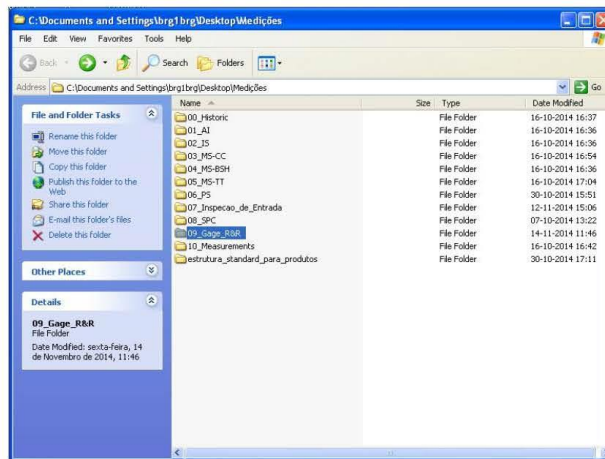


Figura 6. Diretório do programa de Gage R&R no Microscópio

 BOSCH	Instruções de trabalho	
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-Lab-Employees

As peças a serem usadas, amostra de 25 PCB's, encontram-se na sala do laboratório, devidamente identificadas:



Figura 7. Pacote da Amostra de PCB's



Figura 8. PCB

As peças estão numeradas e devem ser medidas aleatoriamente. Após a medição da amostra das 25 peças, repetir uma segunda vez a medição das mesmas.

2.3 Tratamento de dados – Qs-Stat

Abrir o *Citrix Receiver* e selecionar o programa "solara_P":

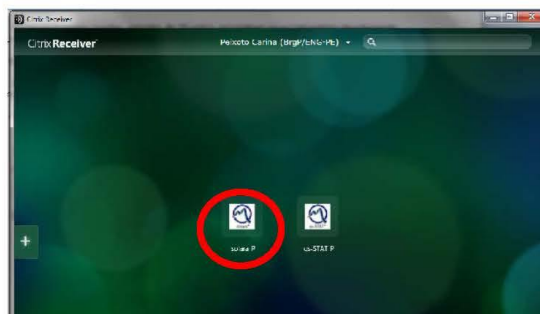


Figura 9. Janela do *Citrix Reciever*

Depois de aberto o "solara_P", criar novo projeto:

 BOSCH	Instruções de trabalho	
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-Lab-Employees

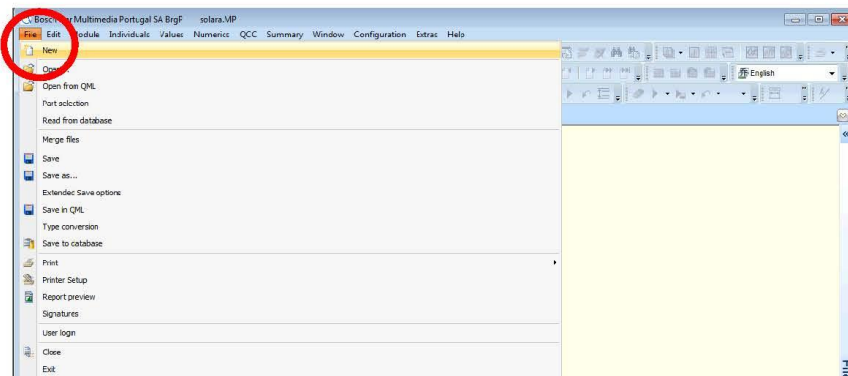


Figura 10. Seleção para criar novo projeto no "solara_P"

Em seguida, a janela de características abre-se e seleciona-se o estudo do tipo 3 e o número de características a avaliar (o número de características é o número de dimensões medidas numa peça).

No caso do programa das CMM o número de características é 3 e no caso do microscópio o número de características é 5):

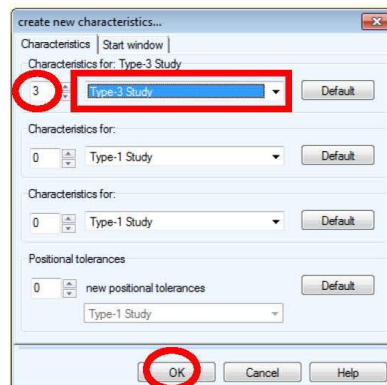


Figura 11. Janela de características

Em seguida, abre-se as janelas de dados das características:

 BOSCH	Instruções de trabalho	
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-Lab-Employees

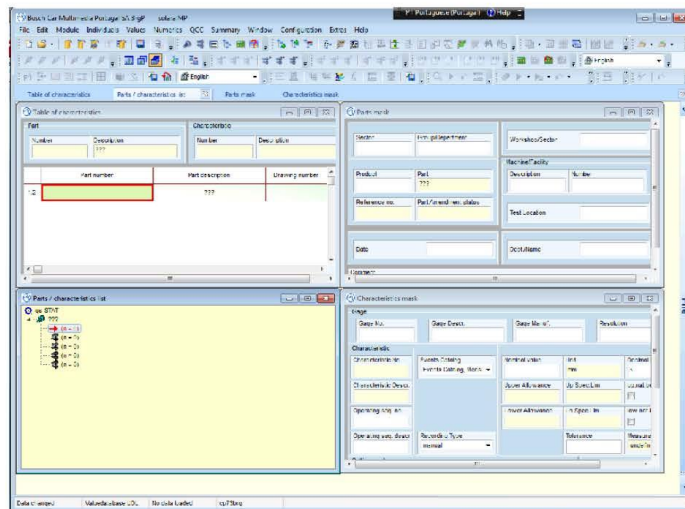


Figura 12. Janelas das Características e Dados

(1) Selecionar "n=0" para preencher os dados relativos à primeira característica:

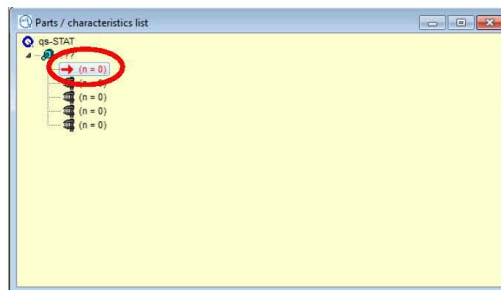
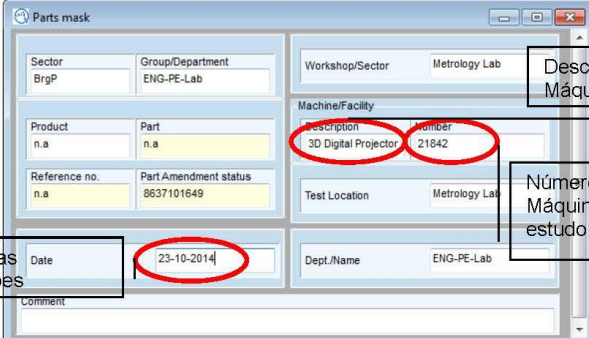


Figura 13. Janela da Lista de Características

Preencher os dados conforme as janelas abaixo:

 BOSCH	Instruções de trabalho	
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-Lab-Employees



The screenshot shows a software window titled "Parts mask" with the following fields and callouts:

- Sector:** BrgP
- Group/Department:** ENG-PE-Lab
- Workshop/Sector:** Metrology Lab
- Product:** n.a
- Part:** n.a
- Machine/Facility:**
 - Description:** 3D Digital Projector
 - Number:** 21842
- Reference no.:** n.a
- Part Amendment status:** 8637101649
- Test Location:** Metrology Lab
- Date:** 23-10-2014
- Dept./Name:** ENG-PE-Lab
- Comment:** (empty field)

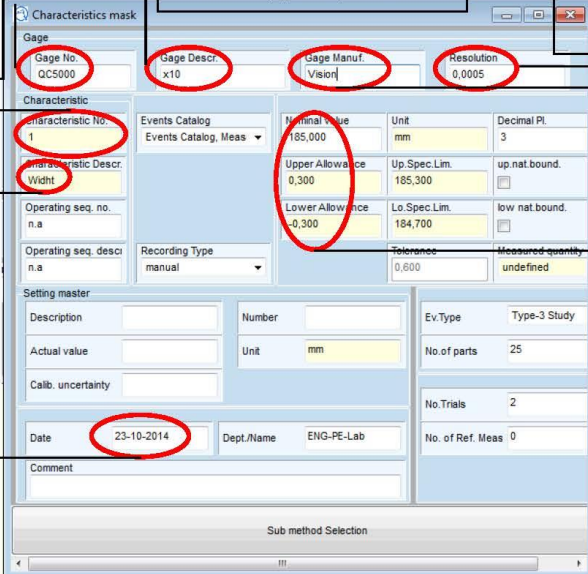
Callouts in the image:

- "Data das medições" points to the Date field.
- "Descrição da Máquina em estudo" points to the Machine/Facility Description field.
- "Número da Máquina em estudo" points to the Machine/Facility Number field.

Figura 14. Janela do Cabeçalho das Características

 BOSCH	Instruções de trabalho	
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-Lab-Employees



Ponteira ou câmara usada, na CMM seria, por ex, cilíndrica

Sensor do equi., na CMM seria, por ex, TP20.

Resolução do equipamento

Número da característica

Nome da característica

Fornecedor do equipamento

Nominal e tolerâncias da dimensão

Data das medições realizadas

Detailed description of Figure 15: The screenshot shows a 'Characteristics mask' window. Fields are annotated with red circles and callouts: 'Gage No.' (QC5000), 'Gage Descr.' (x10), 'Gage Manuf.' (Vision), 'Resolution' (0,0005), 'Characteristic No.' (1), 'Characteristic Descr.' (Width), 'Nominal Value' (185,000), 'Upper Allowance' (0,300), 'Lower Allowance' (-0,300), 'Unit' (mm), 'Ev.Type' (Type-3 Study), 'No. of parts' (25), 'No. Trials' (2), and 'Date' (23-10-2014).

Figura 15. Janela de Dados da Característica


Após preenchimento dos dados da primeira característica, o número e nome dado á característica aparecerá na primeira janela:



Detailed description of Figure 16: The 'Characteristics selection' window shows a tree view under 'os-STAT'. The item '1/Width(n=0)' is selected and circled in red.

Figura 16. Número e nome da Característica criada

Selecionar o ícone de "Values Mask" e preencher os resultados medidos nas colunas "Trial1" e "Trial2", conforme a primeira repetição ou segunda respetivamente:

 BOSCH	Instruções de trabalho	
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-Lab-Employees

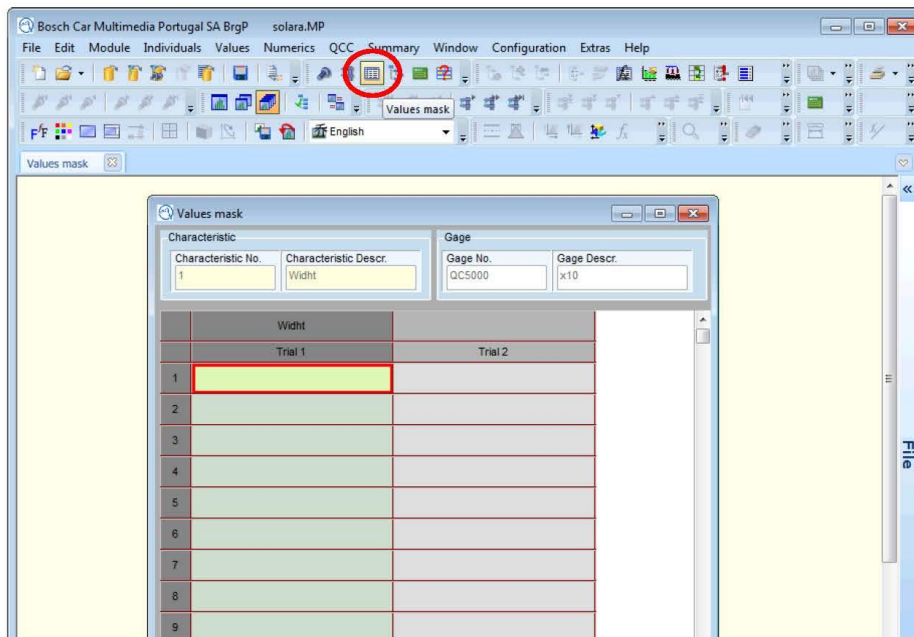


Figura 17. Ícone para abrir janela de Valores Medidos

Repetir os passos a partir de (1) para inserir os dados das restantes características do estudo.

2.4 Resultado

Para obtermos os resultados do estudo, após inserir os dados relativos às características, selecionar "Execute Evaluation"

 BOSCH	Instruções de trabalho	
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-Lab-Employees

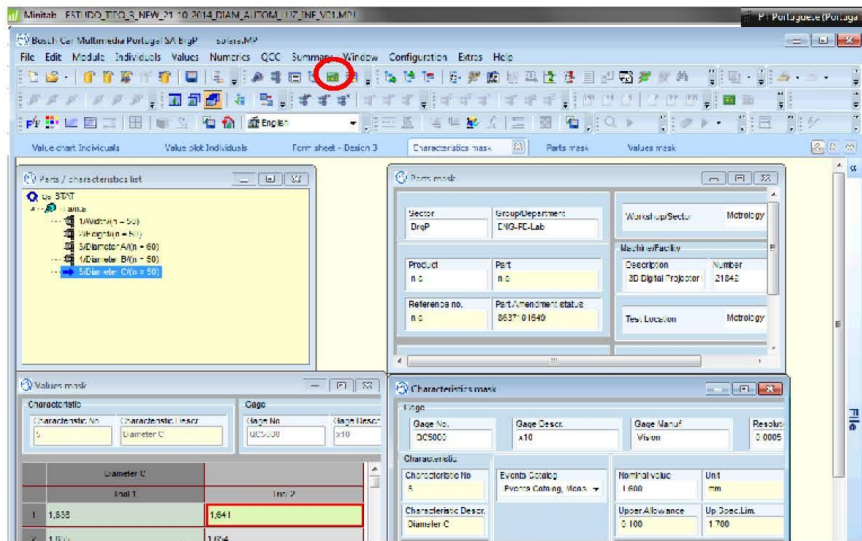


Figura 18. Ícone para executar avaliação dos dados - “Execute Evaluation”

Em seguida, selecionar “Report Preview”:

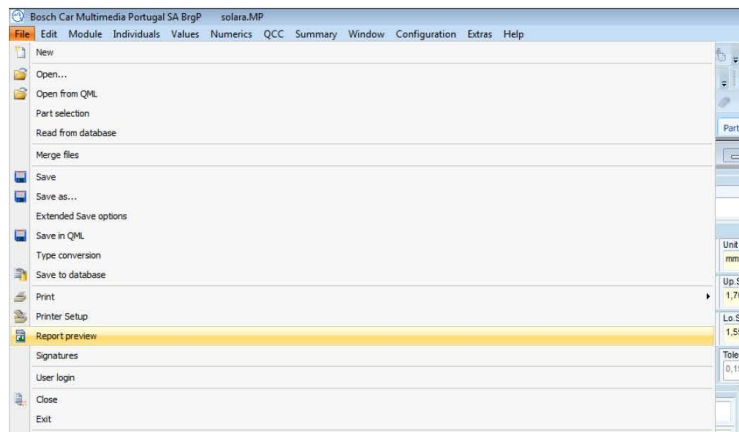


Figura 19. Seleção do “Report Preview”

E escolher o relatório de estudos do tipo-3:

 BOSCH	Instruções de trabalho	
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-Lab-Employees

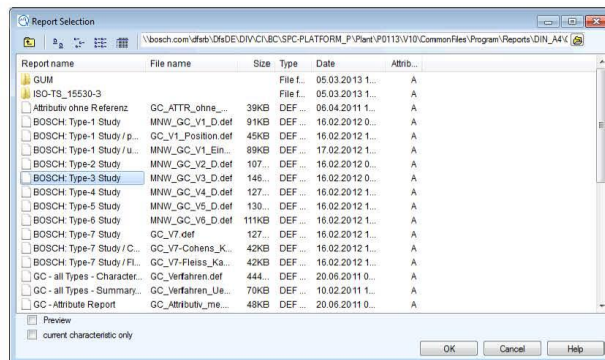


Figura 20. Janela de seleção de relatórios - estudos do tipo-3

Abre-se uma janela com a pré visualização do relatório. Guardar o relatório, clicando no botão direito do rato e selecionar "Print report do PDF now" + "All Pages":

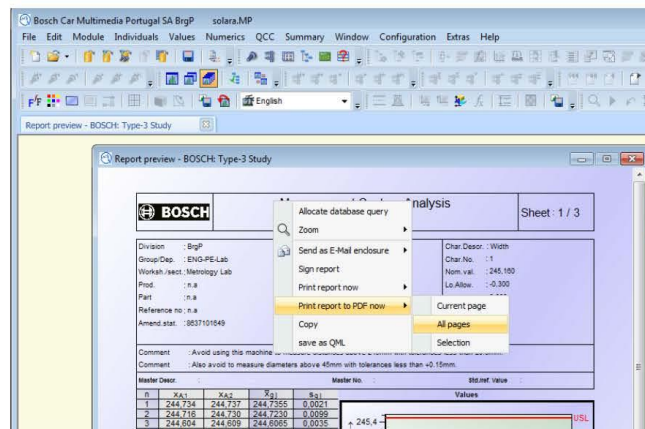


Figura 21. Salvar relatório

Guardar o relatório no seguinte [link](#):

[O:\D ENGENH-PO-PE\ENG PE Lab\01 Management\01 Laboratory\Gage R&R](#)

 BOSCH	Instruções de trabalho	
	Estudos de Repetibilidade &Reprodutibilidade	

Para: BrgP/ENG-Lab-Employees

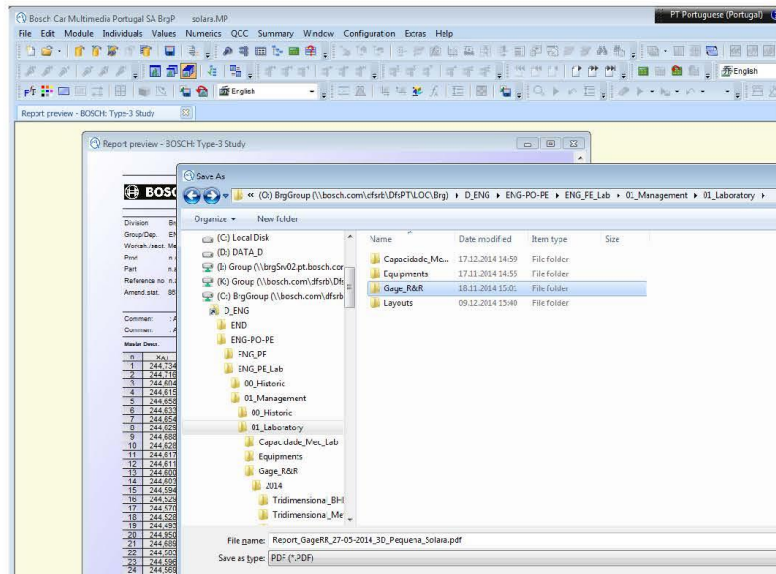


Figura 22. Diretório de estudos Gage R&R do laboratório

Nota: Analisar os resultados e elaborar relatório com comentários de acordo com os relatórios elaborados em anos anteriores.

Mitutoyo

MCOSMOS SOFTWARE

1

BrgP/ENGLAB Cristiana Ferreira | 18.09.2017

© Robert Bosch GmbH 2017. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

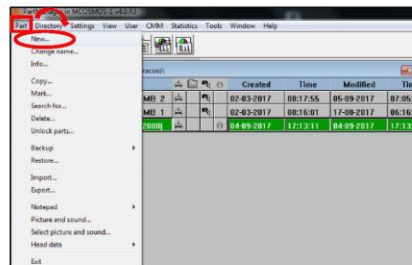


Instrução de Trabalho

Criação do Sistema de Coordenadas 2000

Esta Instrução de Trabalho (IT) descreve o procedimento a seguir para a criação do novo sistema de coordenadas 2000 a ser implementado nas máquinas CMM (*Coordinate Measuring Machine*) com as novas bases.

- **1º PASSO:** No *software* MCosmos, criar novo programa ("Part" → "New");



2

BrgP/ENGLAB Cristiana Ferreira | 18.09.2017

© Robert Bosch GmbH 2017. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

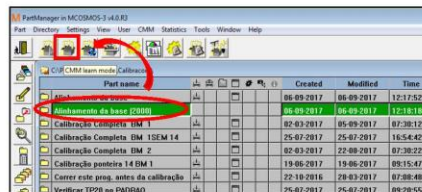


Instrução de Trabalho Criação do Sistema de Coordenadas 2000

- ▶ **2º PASSO:** Gravar o programa com o nome “Alinhamento da base (2000)”;



- ▶ **3º PASSO:** Selecionar o programa criado e abri-lo no modo “CMM learn mode” para começar a editá-lo;



3

BrgP/ENGLAB Cristiana Ferreira | 18.09.2017

© Robert Bosch GmbH 2017. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

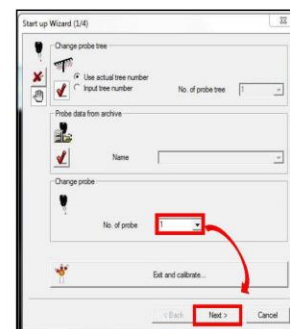


Instrução de Trabalho Criação do Sistema de Coordenadas 2000

- ▶ **4º PASSO:** Na janela inicial selecionar a ponteira número 1 (BHN ponteira número 3), “No. of probe tree”;



- ▶ **5º PASSO:** No “Start up wizard” colocar a ponteira na posição número 1, “No. of probe”, associado aos ângulos A=0 e B=0;



4

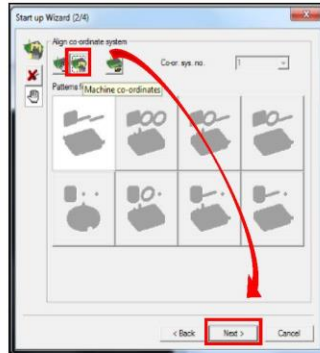
BrgP/ENGLAB Cristiana Ferreira | 18.09.2017

© Robert Bosch GmbH 2017. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.



Instrução de Trabalho Criação do Sistema de Coordenadas 2000

- **6º PASSO:** Depois na janela seguinte, selecionar “Machine co-ordinates” para introduzir o sistema de coordenadas da máquina;



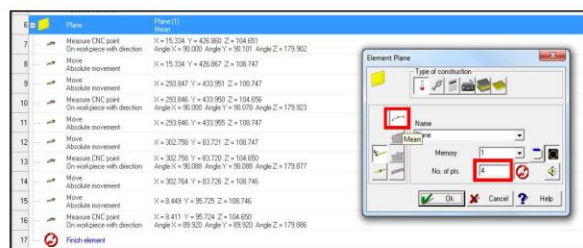
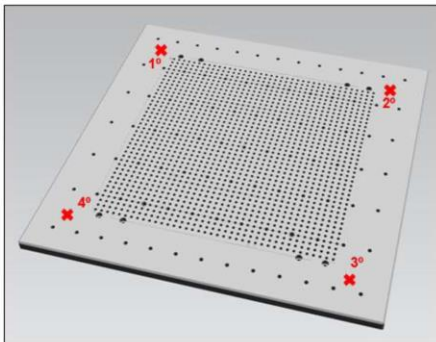
5

BrgP/ENGLAB Cristiana Ferreira | 18.09.2017
© Robert Bosch GmbH 2017. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsverletzungen.



Instrução de Trabalho Criação do Sistema de Coordenadas 2000

- **7º PASSO:** Após as configurações iniciais do programa, cria-se um plano médio com 4 pontos, um em cada extremidade da base;



6

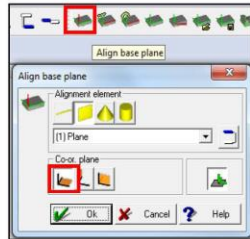
BrgP/ENGLAB Cristiana Ferreira | 18.09.2017
© Robert Bosch GmbH 2017. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsverletzungen.



Instrução de Trabalho

Criação do Sistema de Coordenadas 2000

- ▶ **8º PASSO:** Selecionar a opção de alinhar a base, “*Align base plane*”, e alinha-se o plano anterior apenas em relação ao eixo Z;



7

BrgP/ENGLAB Cristiana Ferreira | 18.09.2017

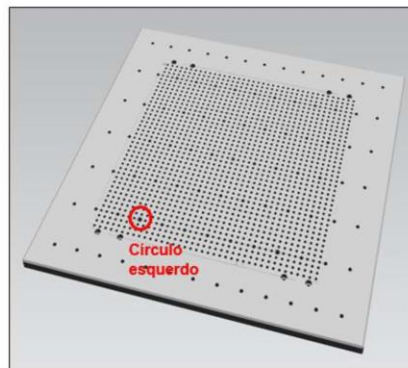
© Robert Bosch GmbH 2017. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.



Instrução de Trabalho

Criação do Sistema de Coordenadas 2000

- ▶ **9º PASSO:** Fazer um “*move*” para um furo da placa (círculo esquerdo), tal como apresentado na imagem;



8

BrgP/ENGLAB Cristiana Ferreira | 18.09.2017

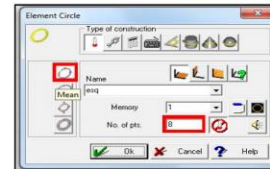
© Robert Bosch GmbH 2017. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.



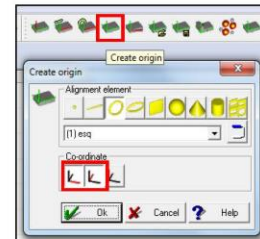
Instrução de Trabalho

Criação do Sistema de Coordenadas 2000

- ▶ **10º PASSO:** Neste passo faz-se um círculo interno para medir o diâmetro médio do furo, com recurso a 8 pontos;



- ▶ **11º PASSO:** Cria-se então uma origem, "Create origin", no centro do furo medido nos eixos X e Y;



9

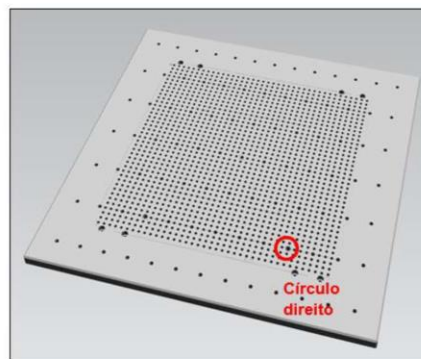
BrgP/ENGLAB Cristiana Ferreira | 18.09.2017
© Robert Bosch GmbH 2017. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Vervielfältigung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.



Instrução de Trabalho

Criação do Sistema de Coordenadas 2000

- ▶ **12º PASSO:** Posteriormente é necessário fazer um "move" para o segundo furo a medir, círculo direito, tal como assinalado na imagem;



10

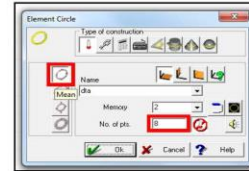
BrgP/ENGLAB Cristiana Ferreira | 18.09.2017
© Robert Bosch GmbH 2017. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Vervielfältigung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.



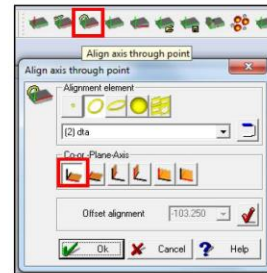
Instrução de Trabalho

Criação do Sistema de Coordenadas 2000

- ▶ **13º PASSO:** Selecionar o botão de execução de um círculo e mede-se o diâmetro médio do furo mencionado no passo anterior, utilizando 8 pontos de medição;



- ▶ **14º PASSO:** Após a medição dos 2 diâmetros, alinha-se o eixo X, "Align axis through point", pelo centro do segundo círculo (círculo direito);



11

BrgP/ENGLAB Cristiana Ferreira | 18.09.2017

© Robert Bosch GmbH 2017. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Weitergabe, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.



Instrução de Trabalho

Criação do Sistema de Coordenadas 2000

- ▶ **15º PASSO:** Fazer "store" do sistema de coordenadas, "Store co-ordinate system", como 2000;



- ▶ **16º PASSO:** Por fim, correr o programa do alinhamento da base para verificar se corre bem, sem falhas.



12

BrgP/ENGLAB Cristiana Ferreira | 18.09.2017

© Robert Bosch GmbH 2017. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Weitergabe, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.



ANEXO VIII – IT PARA O AJUSTE DE PROGRAMAS

Mitutoyo

MCOSMOS SOFTWARE

1

BrgP/ENGLAB Cristiana Ferreira | 18.09.2017

© Robert Bosch GmbH 2017. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

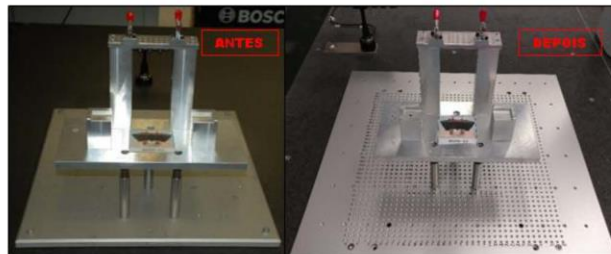


Instrução de Trabalho

Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)

Esta Instrução de Trabalho (IT) descreve o procedimento a seguir para o ajuste de programas existentes para o novo sistema de coordenadas 2000 implementado nas máquinas CMM (*Coordinate Measuring Machine*).

- ▶ **1º PASSO:** A montagem de suporte é efetuada de acordo com a foto do programa existente mas utilizando a nova base;



2

BrgP/ENGLAB Cristiana Ferreira | 18.09.2017

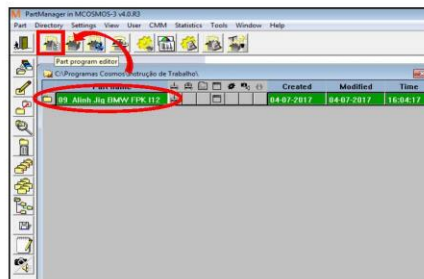
© Robert Bosch GmbH 2017. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.



Instrução de Trabalho

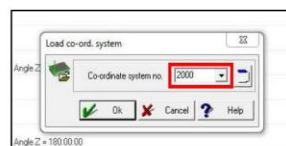
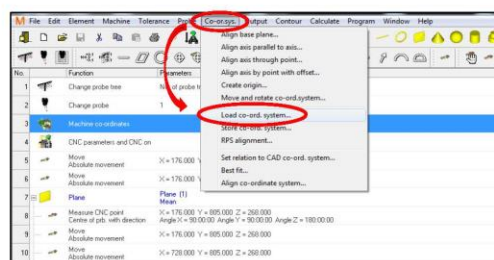
Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)

- ▶ **2º PASSO:** É fundamental perceber a parte do programa correspondente ao alinhamento da peça (se necessário correr o programa para verificar os movimentos da ponteira);
- ▶ **3º PASSO:** Abrir o editor e carregar o novo sistema de coordenadas nº 2000, **“Load co-ord. system”**, e eliminar o sistema de coordenadas atual **“Machine co-ordinates”** ou outro que possa existir;



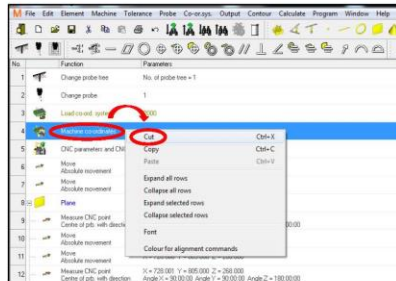
Instrução de Trabalho

Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)



Instrução de Trabalho

Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)

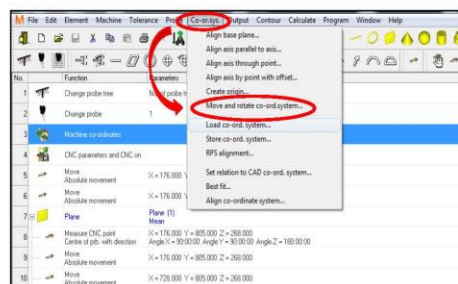


NOTA: Para programas com alinhamentos mais complexos, executar o **4º PASSO**. Caso contrário continuar a ler a instrução a partir do **5º PASSO!**

Instrução de Trabalho

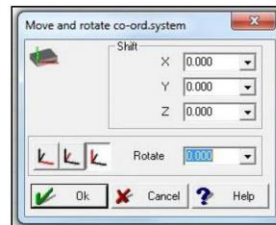
Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)

- **4º PASSO:** Fazer um *offset* ao sistema de coordenadas, “*Move and rotate co-ord. system*”, introduzindo os seguintes valores, respetivos a cada máquina onde os programas foram criados.



Instrução de Trabalho Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)

Máquina	Valores do offset
CMM1	X = -5.70 Y = -49.50 Z = -104.00 Rot. = 0.00
CMM2	X = 300.94 Y = -303.40 Z = -215.56 Rot. = 0.00
CMM4	X = 301.80 Y = -302.40 Z = -265.70 Rot. = 0.00

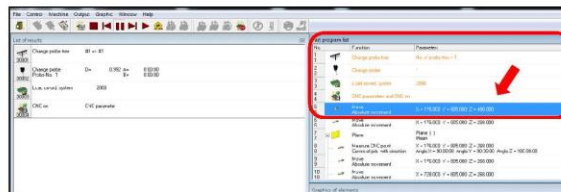
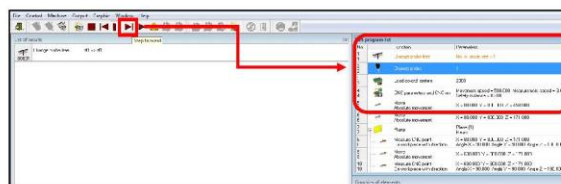


Quanto à CCM3, não foi definido um *offset* uma vez que o equipamento é muito recente e poucos programas foram criados na mesma até à data. Para além disso este equipamento não possuía qualquer tipo de base fixa, ao contrário das outras.

(Avançar para o **11º PASSO**)!

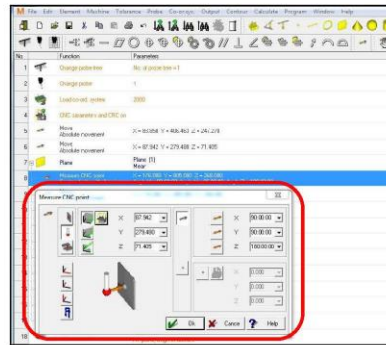
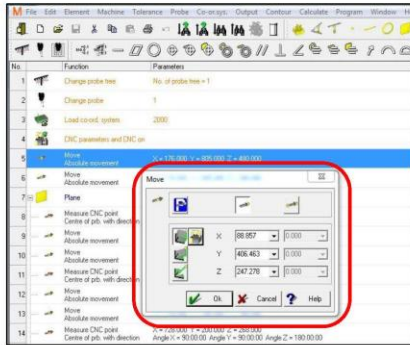
Instrução de Trabalho Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)

► **5º PASSO:** Fechar o editor e iniciar a repetição do programa, deixar o programa correr, passo a passo, até ao primeiro "move".



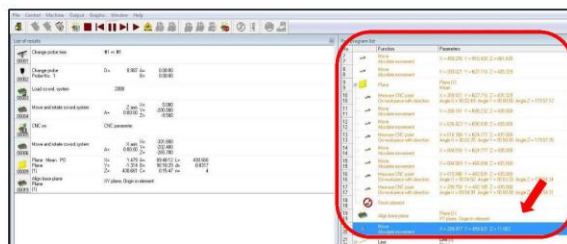
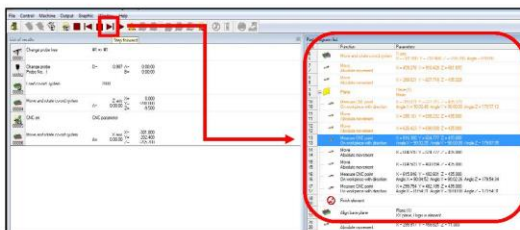
Instrução de Trabalho Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)

- ▶ **6º PASSO:** Ajustar os “move” e os pontos do plano de alinhamento;



Instrução de Trabalho Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)

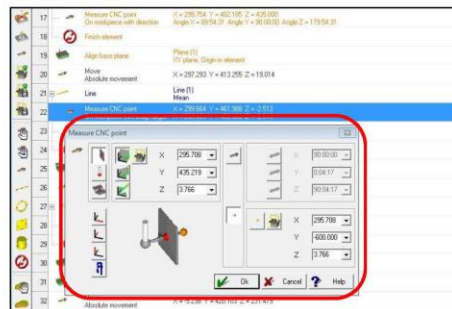
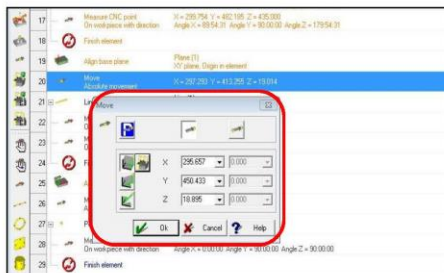
- ▶ **7º PASSO:** Correr o programa, passo a passo, até ao final da parte alterada no ponto anterior (plano de alinhamento) para que sejam assumidas as novas coordenadas;



Instrução de Trabalho

Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)

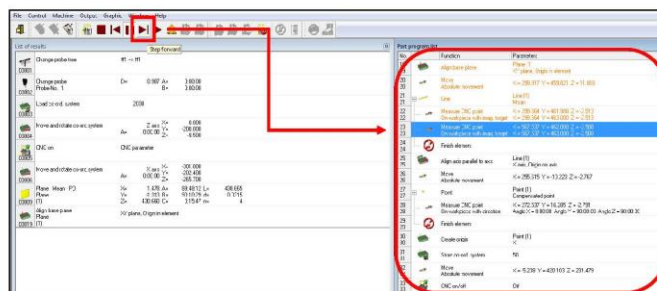
- **8º PASSO:** Voltar ao editor e ajustar os seguintes “move” e os pontos correspondentes a fase seguinte do alinhamento (linha ou ponto);



Instrução de Trabalho

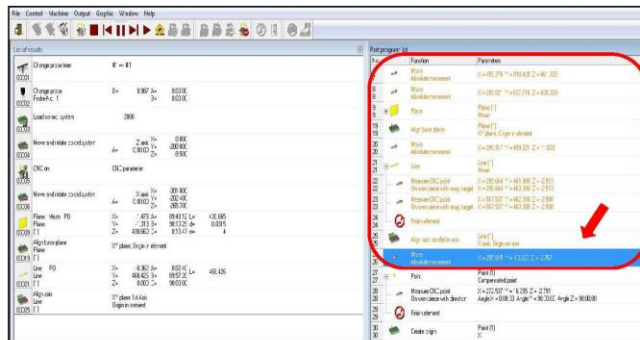
Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)

- **9º PASSO:** Continuar a correr o programa até o final da parte alterada, passo a passo, relativa ao ponto anterior, de forma a assumir as novas coordenadas;



Instrução de Trabalho

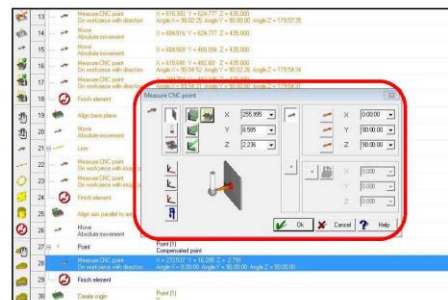
Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)



Instrução de Trabalho

Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)

- **10º PASSO:** Por fim, ajustar os próximos "move" bem como as coordenadas do ponto ou linha da última fase do alinhamento;



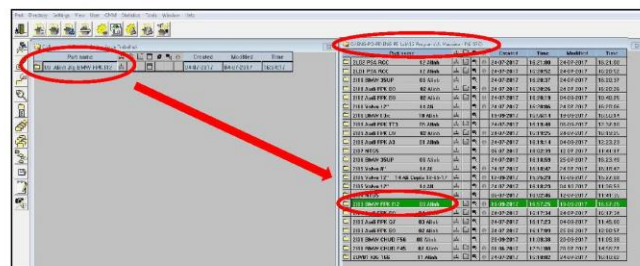
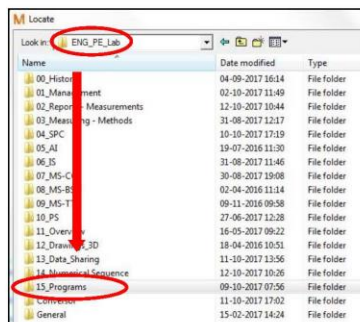
Instrução de Trabalho Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)

- **11º PASSO:** Depois verificar se não existe mais nenhum “move” para ser corrigido e se o próximo passo for o “Store coordinate system”, podemos continuar a correr o programa na íntegra, verificando se não existem erros no mesmo;

No.	Function	Parameters
9	Plane	Plane (1)
9	Mean	
19	Align base plane	Plane (1)
19	W/ plane, Origin in element	
20	Move	X = 299.917 Y = 459.821 Z = 11.000
20	Absolute movement	
21	Line	Line (1)
21	Mean	
25	Align axis parallel to axis	X axis, Origin on axis
25	Move	X = 295.615 Y = 10.223 Z = -2.767
25	Absolute movement	
27	Point	Point (1)
27	Compensated point	
30	Store coord. system	50
30	Move	X = 6.238 Y = 420.103 Z = 221.475
30	Absolute movement	

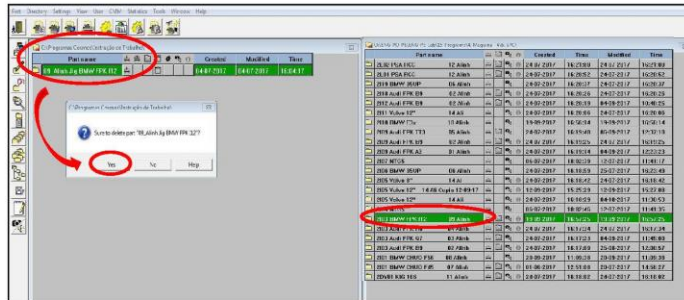
Instrução de Trabalho Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)

- **12º PASSO:** Copiar o programa para a pasta do disco O “Programas”;



Instrução de Trabalho Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)

- ▶ **13º PASSO:** Eliminar o programa antigo para não haver duplicação do programa e causar confusões;



Instrução de Trabalho Ajuste de programas (Sistema de Coordenadas 2000)

- ▶ **14º PASSO:** Colocar **SEMPRE** foto e/ou notas da montagem **dentro da pasta do programa** (Selecionar o programa pretendido e fazer: “PART”, “INFO..”, “OPEN FOLDER”)

IMPORTANTE: A foto tem sempre de incluir **pelo menos** a foto da montagem e foto da colocação da peça na montagem com indicação dos sentidos de encosto.

